meSalva!

PARTE II

FÍSICA

meSalva!

CURSO ENEM ONLINE

O melhor cursinho para o ENEM 2019 é o que te aprova no curso dos seus sonhos

Conte com a melhor preparação para a Prova do ENEM:

CONTEÚDO COMPLETO PARA O ENEM

+5.000 vídeos, 10.000 exercícios e aulas ao vivo todos os dias para tirar suas dúvidas

PLANO DE ESTUDOS PERSONALIZADO

Organizamos para você um cronograma de estudos de hoje até o ENEM

CORREÇÃO DE REDAÇÃO ILIMITADA

Receba notas e comentários para cada critério de avaliação do ENEM

SIMULADOS COM CORREÇÃO TRI

Simulados com correção no mesmo formato da Prova do ENEM

QUERO SER APROVADO!

PARTE II

FÍSICA

01

ELETROSTÁTICA CARGA ELÉTRICA E LEIS DE COULOMB

meSalva!

ELETROSTÁTICA

E aí, galera do Me Salva!

Todos prontos para aprender mais um pedacinho da nossa querida Física? Espero que sim, porque nesta apostila vamos começar a estudar a Eletrostática. Mas espera aí, o que é Eletrostática? Pelo nome você deve estar pensando que é algo relacionado à eletricidade, certo? Isso está corretíssimo! A Eletrostática é a primeira das três partes da eletricidade que iremos estudar aqui no Me Salva!.

Alguma vez você já passou pela situação de tentar usar aquelas sacolinhas de supermercado e não conseguir porque os dois lados dela pareciam grudados? Ou então já reparou em como nosso cabelo fica arrepiado após o pentearmos? Pois então, agora tente adivinhar o que estas duas situações simples têm em comum com os raios que acontecem durante as tempestades. Difícil, né? A resposta disso está justamente no conteúdo que vamos aprender nessa apostila. Todas essas situações são fenômenos eletrostáticos! Incrível como a Física explica coisas que jamais imaginaríamos terem algo em comum, não é?

E aí, pronto para entender como todas essas coisas funcionam? É agora que começa a parte massa do conteúdo! Se prepare e vamos lá!

CARGA ELÉTRICA

Vamos começar nossa apostila aprendendo o conceito de carga elétrica. Apesar de ser um assunto novo em nosso estudo, muito provavelmente você já ouviu falar nele, não é? Esse conceito pode parecer meio complicado de entender, pois não conseguimos ver as cargas elétricas com nossos olhos, nem segurá-las em nossas mãos para dizer “olha, estou segurando uma carga elétrica!”. Entretanto, apesar dessa primeira impressão, não há nada de muito complexo no significado de carga elétrica. Assim como massa, ela simplesmente é uma propriedade que compõem tudo que existe.

Lembra quando você estudou que a matéria era formada por átomos? Estes átomos não eram formados por prótons, elétrons e nêutrons? Pois então, esses prótons e os elétrons são justamente as cargas elétricas que vamos estudar aqui. Os prótons são cargas elétrica positivas e os elétrons são cargas elétricas negativas. Mas o mais interessante vem agora: essas duas cargas possuem o mesmo valor de

carga elétrica, apenas com o sinal contrário! O valor destas cargas é chamado carga elementar. A carga do próton é $+1.6 \times 10^{-19} C$ e a carga do elétron é $-1.6 \times 10^{-19} C$. Mas espera aí! O que significa esse "C" depois dos valores das cargas do próton e do elétron? É a unidade de carga elétrica! No Sistema Internacional essa unidade é o Coulomb (C), em homenagem a Charles Augustin Coulomb, um cientista francês que determinou qualitativamente a força que existe entre cargas elétricas.

E aí, já está preparado para alguns exercícios? Aproveite para treinar o que acabamos de estudar!

Exercício 1: Leia as afirmativas abaixo e classifique como verdadeiras ou falsas:

I – Na estrutura de um átomo, os prótons e os nêutrons estão localizados no núcleo;

II – Um cátion tem carga positiva, pois recebeu carga de um próton livre;

III – Um íon é um átomo com carga total igual a zero;

a) V V F

b) V F F

c) F V F

d) F F F

e) V V V

Correta: B

Resolução em:

Módulo: IELS - INTRODUÇÃO E CARGA ELÉTRICA

Lista: IELS02EX - Exercícios de Compreensão #01 - carga elétrica

Exercício 2: Caso eu retire 10 elétrons de uma maçã, qual será a carga da maçã?

a) -1,6 x 10^-19

b) 1,6 x10^-18

c) -1,6x10^-17

d) 1,6x10^-17

e) -1,6x10^-18

Correta: B

Resolução em:

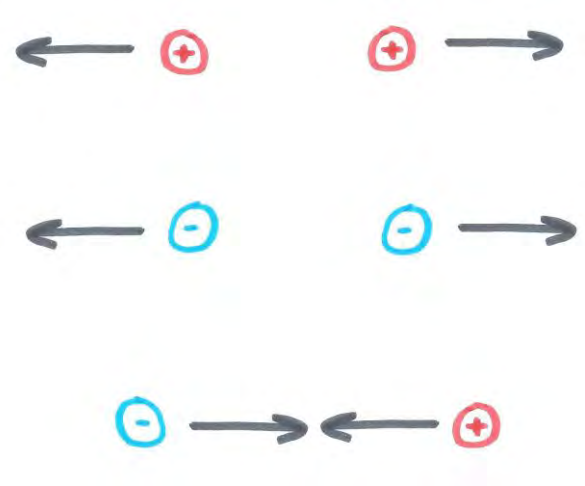
Módulo: IELS - INTRODUÇÃO E CARGA ELÉTRICA

Lista: IELS04EX - Exercícios de Compreensão #03 - carga elétrica em um corpo

PRINCÍPIOS DA ELETROSTÁTICA

ATRAÇÃO E REPULSÃO

Com certeza você já ouviu falar que os opostos se atraem, não é? Pois então, com toda certeza essa expressão surgiu aqui! Esse princípio eletrostático diz que corpos com cargas de mesmo sinal se repelem; já com cargas de sinais opostos, se atraem.



Importante saber! Sempre que um corpo eletrizado, positivamente ou negativamente carregado, e um corpo neutro são colocados lado a lado, eles se atraem!

 Todos os direitos reservados © 2018.

CONSERVAÇÃO DAS CARGAS ELÉTRICAS

Este princípio diz que nenhuma carga elétrica (próton ou nêutron) pode ser criada ou destruída, apenas algumas delas podem ser transferidas entre os corpos. Sendo assim, se isolarmos um sistema de cargas, a soma algébrica de todas as cargas deve permanecer constante.

Muito importante! Lembre que os átomos não podem perder prótons, pois estão fixados no núcleo. Mas e os elétrons? Os elétrons são livres! Os átomos podem perder ou ganhar elétrons! Quando isso acontece, dizemos que o átomo está ionizado! Nomes diferentes são dados para os átomos que ganham e que perdem elétrons. Esses nomes são importantes e você precisa lembrar deles!

- ✓ Ânion é o nome dado ao átomo que ganha elétrons e se torna um íon negativo.
- ✓ Cátion é o nome dado ao átomo que perde elétrons se torna um íon positivo.

A CIÊNCIA POR TRÁS DE ALGUNS MATERIAIS

MATERIAIS CONDUTORES

Você já ouviu falar que os metais conduzem eletricidade, certo? Pois então, os materiais condutores como os metais, os gases ionizados, o solo e até mesmo o nosso corpo, possuem uma propriedade específica que permite a movimentação das cargas elétricas dentro deles: eles apresentam cargas elétricas móveis em sua estrutura.

MATERIAIS ISOLANTES OU DIELÉTRICOS

Nestes materiais não existe aquelas mesmas cargas móveis dos materiais condutores. Aqui as cargas elétricas ficam estáticas, retidas onde aparecem. Em outras palavras, elas não possuem liberdade para se movimentar dentro do corpo e por isso ele não conduz eletricidade. Existem diversos exemplos desse tipo de material em nosso cotidiano, mas você não pode esquecer desses aqui: borracha, cerâmica, vidro e água pura.

Curiosidades! Não existem condutores e nem isolantes perfeitos! Além disso, um material pode tornar-se condutor ou isolante dependendo das condições a que está submetido! Um isolante pode se tornar condutor quando submetido a um campo elétrico muito intenso.

Já ouviu falar em supercondutores? Esses materiais são classificados como isolantes em condições normais, mas se tornam supercondutores quando resfriados a temperaturas muito baixas.

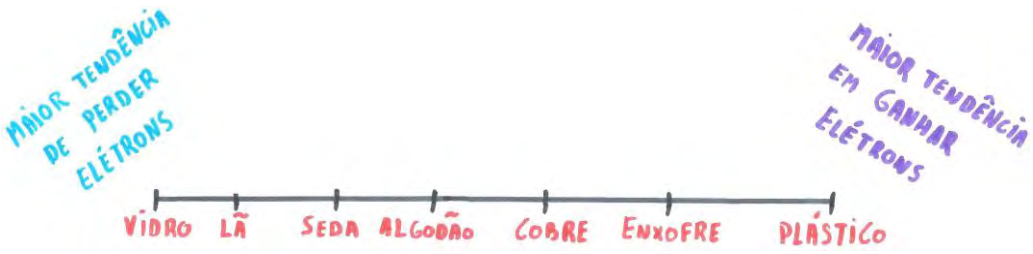
PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO

ELETRIZAÇÃO POR ATRITO

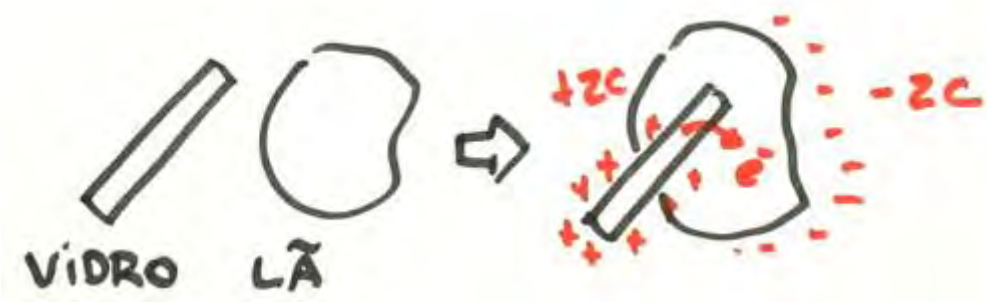
Alguma vez você já sentiu um leve choque ao tocar a maçaneta de uma porta da sua casa? Pois então, caso você já tenha passado por isso, saiba que o seu tapete foi o culpado! Não entendeu? Vou te explicar: quando você caminha sobre um tapete de lã, o atrito dos seus sapatos com o tapete faz com que algumas cargas (elétrons!!!!) sejam arrancadas do tapete e se acumulem no seu corpo. Isso acontece porque corpos de materiais diferentes, ao serem atritados, adquirem cargas elétricas diferentes. Os elétrons de uma superfície são transferidos para outra, deixando um material com falta de elétrons (eletrizado positivamente) e outro com sobra de elétrons (eletrizado negativamente). Como seu corpo está com acúmulo de

cargas, ao tocar a maçaneta você irá transferir cargas para ela, sofrendo um leve choque em virtude dessa transferência.

Na eletrização por atrito, os corpos ficam carregados com cargas de sinal contrário, mas de mesmo módulo. Mas espera aí! Como eu vou saber qual corpo fica positivamente carregado e qual fica negativamente? Isso depende das propriedades dos materiais. Infelizmente, não existe um meio lógico para sabermos isso. Mas não se preocupe! Algumas pessoas muito inteligentes fizeram alguns experimentos e conseguiram organizar uma lista indicando a tendência a ganhar ou perder elétrons para diferentes materiais; essa lista é chamada de série triboelétrica.



Para colocar isso que acabamos de ver em prática, basta esfregarmos um bastão de vidro em um pano de lã. Ao fazermos isso, elétrons serão transferidos do vidro para a lã, deixando-a com carga negativa! E o vidro, com que carga fica? Com uma carga positiva, de mesma magnitude da carga negativa da lã!



 Todos os direitos reservados © 2018.

Vale a pena ressaltar! A eletrização por atrito é o único processo de eletrização em que ambos os corpos começam neutros!

ELETRIZAÇÃO POR CONTATO ENTRE CORPOS

Este tipo de eletrização é o mais intuitivo de todos. Quando um corpo eletrizado entra em contato com um corpo neutro ou com outro corpo carregado, acontece uma transferência de elétrons entre os dois corpos. O resultado é o mais simples possível: o corpo neutro também se eletriza! Uma informação fascinante é que, após se tocarem, os corpos passam a se repelir! Mas como isso acontece? Os dois corpos acabam ficando com carga de mesmo sinal, sendo este o sinal que o corpo eletrizado possuía no início.

A) CORPOS DE DIMENSÕES IGUAIS

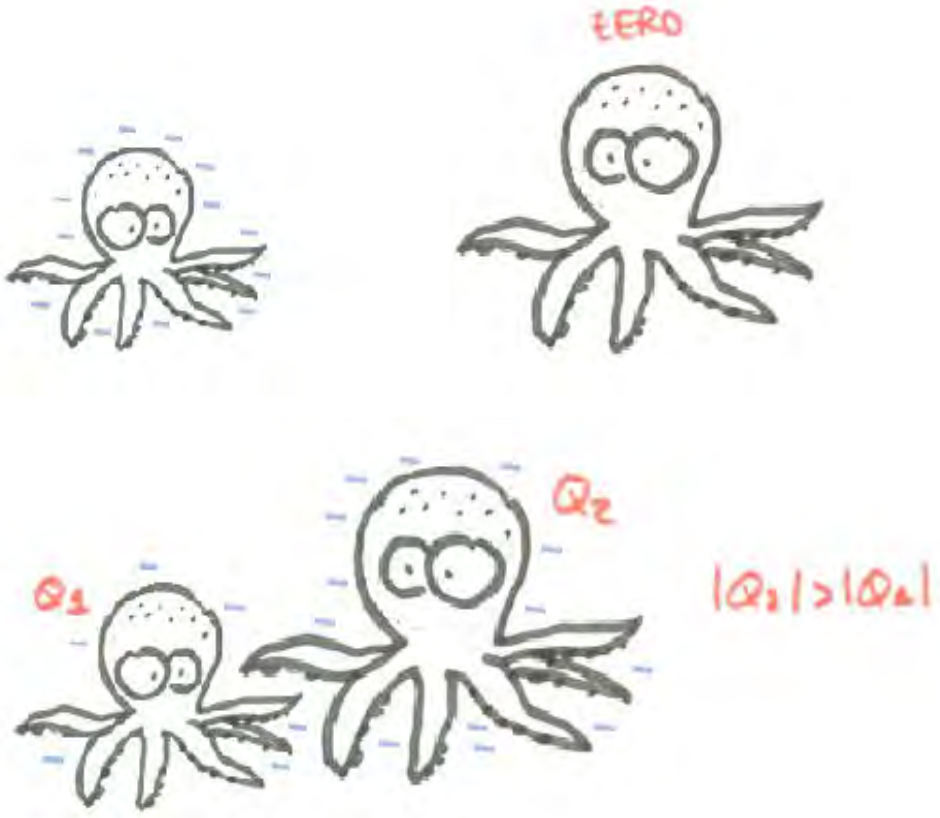
Nesta situação em específico, a carga se distribui igualmente entre os corpos:

$$Q_{final} = \frac{Q_{inicial}}{2}$$

 | Todos os direitos reservados © 2018.

B) CORPOS DE DIMENSÕES DIFERENTES

E o que será que acontece quando dois corpos com dimensões diferentes são colocados em contato? O maior corpo fica com mais carga! É muito importante que você não esqueça que os sinais das cargas nos dois corpos permanecem sempre iguais!



Reforçando! Na eletrização por contato, os corpos podem ficar com cargas de valores diferentes, mas sempre com mesmo sinal.

ELETRIZAÇÃO POR INDUÇÃO

Ao contrário das últimas duas eletrizações que vimos, aqui não há contato entre os corpos! A eletrização por indução acontece de uma maneira diferente. Olha só: imagine que aproximamos um bastão eletrizado de um corpo neutro. Devido à proximidade do bastão eletrizado, o corpo neutro sofre indução (separação de cargas), o que faz surgir uma região negativa e outra positiva (conhecido como polarização!). Agora vem um detalhe muito importante! O corpo, apesar de estar polarizado, não perdeu nenhuma carga. Sendo assim, ele permanece neutro, certo? Se liga no desenho abaixo:

No próximo passo, faz-se uma ligação do corpo com a Terra. Ocorre, então, transferência de elétrons entre eles! A Terra doa elétrons para o corpo (antes neutro), fazendo com que ele adquira carga de sinal contrário à do bastão eletrizado – neste caso, negativa.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Agora vem a malandragem do problema! E se cortarmos o fio que liga o corpo à Terra? Se fizermos isso, as cargas ficarão presas no corpo, mantendo-o com o mesmo sinal!

Agora é sua vez de praticar! Aproveite estes exercícios para testar se você conseguiu entender tudo sobre os processos de eletrização:

Exercício 3: Considere as afirmações a seguir a respeito da eletrificação por atrito:

I – para acontecer a eletrização por atrito, é necessário que sejam dois materiais diferentes;

II – após a eletrização por atrito, o módulo das cargas é igual nos dois materiais, mas seus sinais são opostos;

III - após a eletrização por atrito, o módulo das cargas é diferente nos dois materiais, mas seus sinais são opostos;

Quais dessas afirmações são verdadeiras?

a) I e II

b) I, II e III

c) III

 | Todos os direitos reservados © 2018.

d) II e III

e) I e III

Correta: A

Resolução em:

Módulo: PROE - PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO

Lista: PROE02EX - Exercícios de Compreensão #01 - Eletrização por atrito

Exercício 4: Considere as afirmações a seguir sobre eletrização por contato:

I – sempre que conectarmos um corpo eletrizado com a Terra, o corpo tende a ficar neutro;

II – quando ocorre eletrização por contato em corpos de mesmo tamanho, todos terminam com o mesmo potencial elétrico (sinal);

III – corpos maiores ficam com maior quantidade de carga após o contato;

Quais dessas afirmações são verdadeiras?

a) I e II

b) I e III

c) I, II e III

d) II

e) II e III

Correta: C

Resolução em:

Módulo: PROE - PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO

Lista: PROE04EX - Exercícios de Compreensão #01 - Eletrização por contato

Exercício 5: Qual das alternativas a seguir descreve de forma adequada uma eletrização por indução?

a) Quando encostamos um corpo carregado em um corpo neutro, ambos os corpos terminam o processo eletrizados.

b) Quando aproximamos um corpo eletrizado positivamente de um corpo aterrado, cargas negativas passam da Terra para o corpo aterrado. Desta forma, cortamos o fio que conecta o corpo à Terra, depois afastamos o corpo positivamente eletrizado, de maneira que os dois corpos ficam eletrizados com sinais iguais.

c) Quando aproximamos um corpo eletrizado positivamente de um corpo aterrado, cargas negativas passam da Terra para o corpo aterrado. Desta forma, independentemente do que façamos a seguir, as cargas permanecem eletrizadas.

d) Quando esfregamos diferentes materiais, existe transferência de cargas, o que torna os corpos eletrizados.

e) Quando aproximamos um corpo eletrizado positivamente a um corpo aterrado, cargas negativas passam da Terra para o corpo aterrado. Desta forma, cortamos o fio que conecta o corpo à Terra, depois afastamos o corpo positivamente eletrizado, de maneira que os dois corpos ficam eletrizados com sinais opostos.

Correta: E

Resolução em:

Módulo: PROE - PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO

Lista: PROE08EX - Exercícios de Compreensão #02 - Eletrização por indução

Exercício 6: (UFRGS) Você dispõe de duas esferas metálicas, iguais e inicialmente descarregadas, montadas sobre pés isolantes, e de um bastão de ebonite carregado negativamente. As operações de I a IV devem ser colocadas numa ordem que descreve uma experiência em que as esferas sejam carregadas por indução.

I – Aproximar o bastão de uma das esferas.

II – Encostar as esferas.

III – Separar as esferas

IV – Afastar o bastão.

Qual a opção que melhor ordena as operações?

a) I, II, IV, III
b) III, I, IV, II
c) IV, II, III, I
d) II, I, IV, III
e) II, I, III, IV

Correta: E

Resolução em:

Módulo: PROE - PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO

Lista: PROEEX - Exercícios de Fixação #04

LEI DE COULOMB (FORÇA ELÉTRICA)

Lembra daquele cientista que eu citei no início da apostila? Aquele que deu nome à unidade de carga elétrica? Pois é, o cara foi tão importante para a Eletrostática que uma de suas descobertas virou uma Lei da Física! Estudando a interação entre as cargas elétricas, ele estabeleceu a seguinte lei:

"A intensidade da força de atração ou repulsão entre cargas elétricas pontuais é diretamente proporcional ao produto das mesmas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa."

Espera aí, quanta complicação! Vamos pensar nisso de um jeito que já conhecemos. Lembra da Lei de Newton da Gravitação, que vimos na apostila de Gravitação? Pois então, aqui a história é muito parecida. No lugar das massas estão as cargas pontuais (Q1 e Q2) separadas por uma distância d. No lugar da constante de gravitação universal "G" temos a constante eletrostática "k", que está relacionada

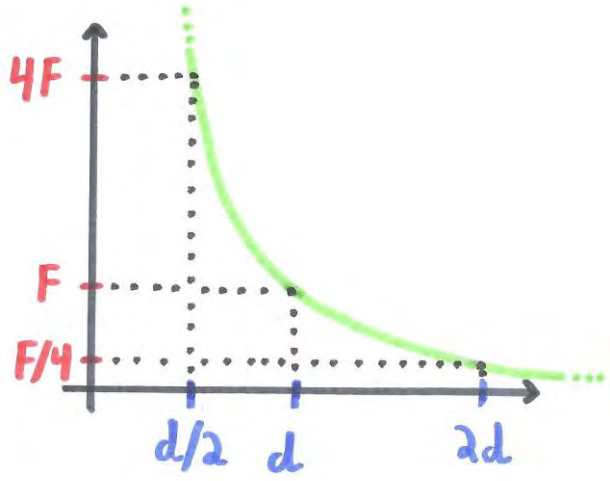
ao meio em que se localizam as cargas elétricas. Ela vale aproximadamente 9.109 Nm^2/C^2 no vácuo e no ar.

$$F = k\frac{Q1Q2}{d^2}$$

A direção da força entre essas duas cargas pontuais é dada por uma reta traçada entre as cargas. E o sentido? Justamente aqui vem a grande diferença para a Lei de Newton! Essa força pode ter dois sentidos, afastando ou atraindo um corpo do outro, ao contrário da força gravitacional, que é sempre atrativa. Se forem cargas de mesmo sinal, elas são repelidas; se estivermos falando de cargas de sinais opostos, esta força tem o sentido de atrair as cargas entre si!

O ESTUDO GRÁFICO DA LEI DE COULOMB

Aqui também podemos fazer uma comparação com a força gravitacional! Conforme a distância entre as cargas aumenta, a força elétrica entre elas diminui com o quadrado dessa distância. Se liga: na prática isso quer dizer que se a distância entre as duas cargas aumentar duas vezes, a intensidade da força elétrica entre elas irá diminuir quatro vezes; se a distância diminuir duas vezes, a intensidade da força irá aumentar quatro vezes e assim por diante! E o gráfico disso, como será que fica? Exatamente da forma mostrada aqui embaixo, se liga!



 Todos os direitos reservados © 2018.

É importante saber! A intensidade da força calculada pela lei de Coulomb é a força em cada carga. As forças de interação entre as duas cargas são um par ação e reação.

Aqui tem mais dois exercícios para você praticar:

Exercício 7: Um corpo puntiforme de carga +2C e outro de carga -4C estão separados por uma distância de 2m. Se a interação entre os corpos ocorre no vácuo (k=9x109 Nm^2/C^2), qual o módulo da força e qual a sua forma?

a) 1,8 x 10^10N, repulsiva

b) 1,8 x 10^10N, atrativa

c) 9 x 10^9N, atrativa

d) 9 x 10^9N, repulsiva

e) 1,8 x 10^11N, atrativa

Correta: B

Resolução em:

Módulo: LCFE – LEI DE COULOMB (FORÇAS ELÉTRICAS)

Lista: LCFE02EX – Exercícios de Compreensão #02- Lei de Coulomb 1

Exercício 8: Considere dois elétrons separados por uma distância r. Qual(is) afirmativa(s) sobre as forças exercidas por eles é(são) verdadeira(s)?

I – Cada elétron exerce sobre o outro uma força de atração.

II – A força não depende da carga do elétron, apenas da distância entre os elétrons.

III – Cada elétron exerce sobre o outro uma força de repulsão.

a) I, II e III

b) II e III

c) I

d) III

e) II

Correta: D

Resolução em:

Módulo: IELS - INTRODUÇÃO E CARGA ELÉTRICA

Lista: IELS06EX - Exercícios de Compreensão #02 - atração e repulsão

CAMPO ELÉTRICO

Vamos novamente relembrar algumas coisas lá da Gravitação para facilitar nossa aprendizagem. Lembra de como funciona a gravidade que o planeta Terra causa nos objetos? Através da força gravitacional, certo? Algo bem impressionante que vimos sobre essa força é que ela atua sobre os objetos sem precisar estar em contato com eles. Lembra disso? Pois então, chamamos isso de uma força de campo. Mas espera aí, o que isso tem a ver com o que estamos estudando? Tudo! Essa mesma propriedade existe na força elétrica!

Vamos nos aprofundar um pouco mais nisso, agora envolvendo cargas elétricas. A presença de uma carga (Q1) em uma região do espaço afeta eletricamente o espaço em torno dela, de forma que, ao colocarmos nesta região outra carga elétrica (Q2), essa carga sentirá uma força. Mas que força é essa? A força elétrica, que acabamos de estudar na Lei de Coulomb! Mas não é só isso; sabendo que essa carga (Q1) exerce uma força na carga (Q2) sem necessariamente precisar tocá-la, podemos comprovar que a força elétrica é uma força de campo.

Curiosidade! Você já se perguntou como os tubarões conseguem encontrar suas presas quando estão caçando no fundo do mar? Com os olhos é que não é! O fundo do mar possui praticamente nenhuma luz, impedindo que qualquer animal enxergue. Mas então como eles caçam? A seleção natural deu um jeito nisso! Os tubarões são equipados com receptores especializados em suas narinas, capazes de sentir o campo elétrico extremamente fraco que é gerado pelas outras criaturas que nadam pelo oceano.

Mágico como a Física e a Biologia se misturam, não é?

VETOR CAMPO ELÉTRICO

Já sabemos que o local do espaço onde a força elétrica atua é chamado de campo elétrico. Mas existe uma informação sobre esse campo que ainda não temos: qual é a direção dele? Chamamos essa direção do campo em um certo ponto de vetor campo elétrico (E). Mas como descobrimos esse vetor? Ele é o valor da força elétrica F agindo em uma carga de prova (q) colocada no ponto que desejamos, dividida pela carga de prova. Em termos matemáticos, o módulo desse vetor é dado pela seguinte relação:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

A direção desse vetor é sempre a mesma direção da força elétrica. Ele pode possuir dois sentidos: o mesmo da força (F), se a carga de prova for positiva, ou o oposto ao da força(F), se a carga de prova for negativa.

LINHAS DE CAMPO

Para representar a distribuição desse vetor campo elétrico (E) em diversos pontos de uma região do espaço, usamos o recurso de linhas de campo ou linhas de força. O que você precisa saber sobre essas linhas é o seguinte:

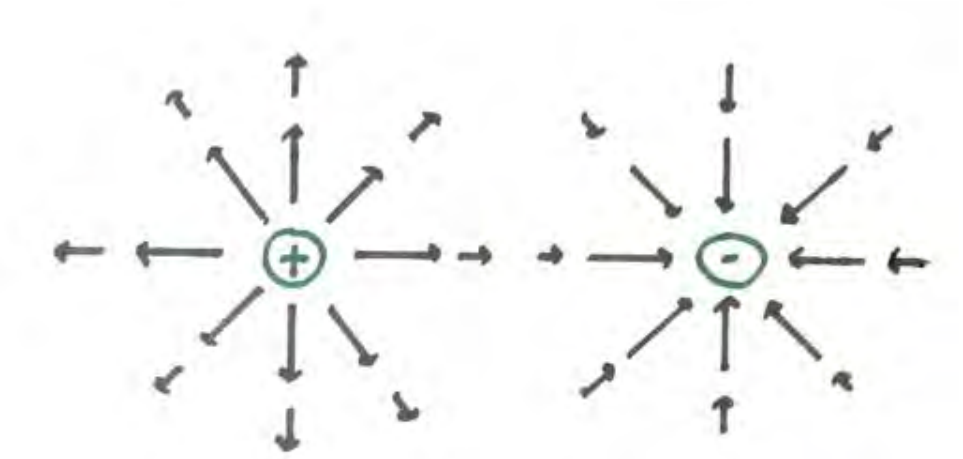
1. O vetor campo elétrico é tangente à linha de campo em cada ponto do espaço e tem o mesmo sentido delas;
2. O campo elétrico é mais intenso onde as linhas estão mais próximas.
3. As linhas de campo começam nas cargas positivas e terminam nas cargas negativas;
4. Duas linhas de campo nunca se cruzam.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

CAMPO ELÉTRICO PRODUZIDO POR UMA CARGA PONTUAL

Já sabemos que as cargas elétricas geram campos elétricos ao seu redor, certo? Mas como é o formato destes campos? Quais são os vetores do campo elétrico em torno das cargas? É exatamente isto que vamos ver agora!

O campo elétrico gerado por cargas pontuais sempre aponta para dentro ou para fora da carga, dependendo do sinal que ela possui. Se liga nessa imagem:



Agora que nós temos essa imagem fica fácil, né? O campo elétrico em cargas positivas aponta para fora da carga! Em cargas negativas, aponta para dentro! Mas espera aí, ainda falta uma coisa muito importante. Como descobrimos o valor desse campo elétrico? É simples: temos uma equação que nos permite encontrá-lo!

$$E = k\frac{|Q|}{d^2}$$

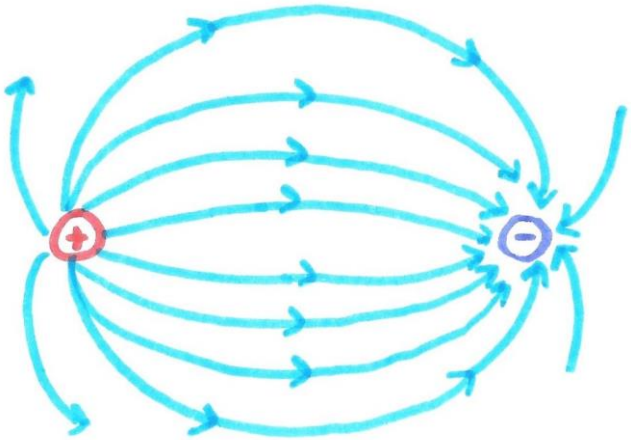
Esta equação relaciona o valor da carga pontual (Q) com a distância (d) dessa carga até o ponto onde desejamos saber o valor do campo elétrico. Vale a pena ressaltar que esse campo elétrico é inversamente proporcional ao quadrado da distância!

 Todos os direitos reservados © 2018.

CAMPO ELÉTRICO ENTRE DUAS CARGAS PONTUAIS

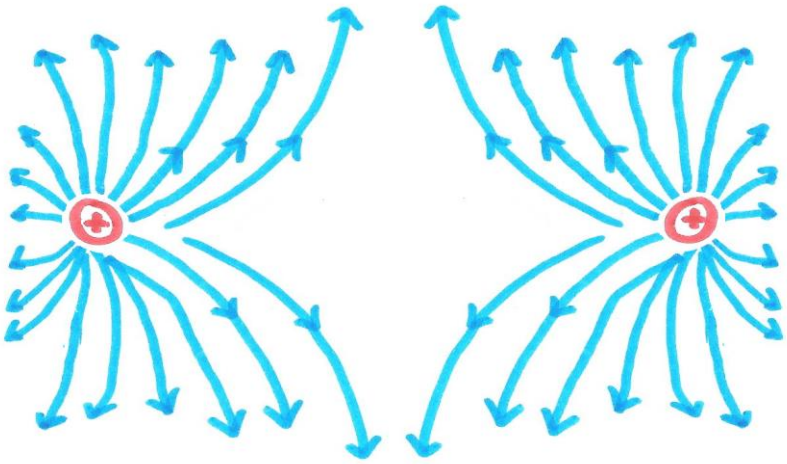
Mas e se colocarmos duas cargas pontuais lado a lado, como será o campo elétrico entre elas? Primeiro vamos analisar o campo entre duas cargas com sinais diferentes.

Como já vimos anteriormente, o campo elétrico em cargas positivas aponta para fora da carga e, em cargas negativas, aponta para dentro. Exatamente esse será o comportamento do campo entre elas! Ele vai sair da carga positiva e entrar na carga negativa, exatamente como mostrado abaixo!



E entre cargas de mesmo sinal, como esse campo vai se comportar? Neste caso é mais fácil irmos direto para o desenho:

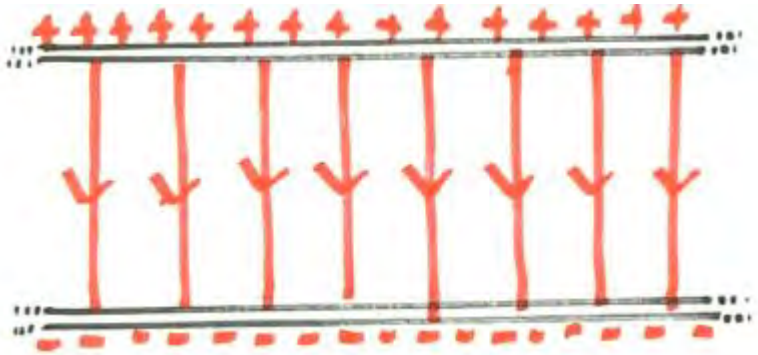
 | Todos os direitos reservados © 2018.



Como as linhas de campo apenas saem das cargas positivas (ou apenas entram nas cargas negativas), então esse movimento de repulsão vai acontecer. As linhas de campo irão se dispersar para todas as direções.

CAMPO ELÉTRICO UNIFORME (CEU)

Esse caso é o mais simples que iremos ver nos problemas! Ele acontece quando temos duas placas planas paralelas infinitas. Infinitas? Como assim? Calma, é só um modo de expressar que o comprimento das placas é muito maior do que a distância entre elas. Estas placas estão carregadas com cargas de mesmo módulo, mas com sinais opostos, isto é, uma positiva e outra negativa. Neste caso, o campo elétrico terá o mesmo módulo em qualquer ponto entre elas. Se liga nessa imagem aqui embaixo, ela representa o que é esse campo elétrico uniforme:



 | Todos os direitos reservados © 2018.

Note que as linhas de campo devem ser equidistantes e paralelas no campo elétrico uniforme.

Agora é sua vez de praticar. Aproveite estes exercícios para testar o seu conhecimento sobre campo elétrico.

Exercício 9: Sobre uma carga desconhecida age uma força elétrica de 12 N com sentido oposto ao do campo elétrico da região em que a carga está imersa. Sabendo que o campo elétrico dessa região é de 4 N/C, podemos afirmar que a carga elétrica desconhecida:

a) é positiva e tem valor 3 C.

b) é positiva e tem valor 1/3 C.

c) é negativa e tem valor 3 C.

d) é negativa e tem valor 1/3 C.

e) não é possível afirmar nada sobre a carga.

Correta: C

Resolução em:

Módulo: CEAA - CAMPO ELÉTRICO I

Lista: CEAA02EX - Exercícios de Compreensão #01

Exercício 10: A força elétrica que age sobre uma carga de 2 C imersa em um campo elétrico de módulo 8 N/C é:

a) 1 N

b) 2 N

c) 4 N

d) 8 N

e) 16 N

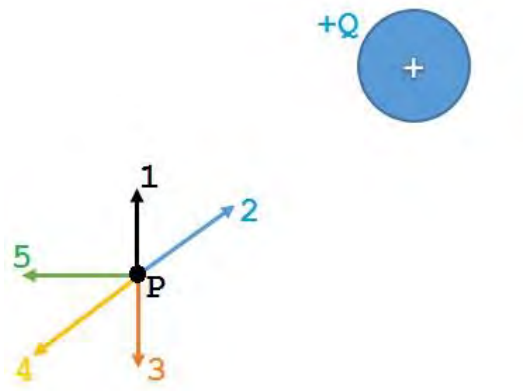
Correta: E

Resolução em:

Módulo: CEAA - CAMPO ELÉTRICO I

Lista: CEAA02EX - Exercícios de Compreensão #02

Exercício 11: Qual dos vetores melhor representa o campo elétrico produzido pela carga +Q no ponto P da imagem abaixo?



a) 1

b) 2

c) 3

d) 4

e) 5

Correta: D

Resolução em:

Módulo: CEAA - CAMPO ELÉTRICO I

Lista: CEAA04EX - Exercícios de Compreensão #04

Exercício 12: Sobre o campo elétrico, afirma-se:

 Todos os direitos reservados © 2018.

I - Quanto mais próximas as linhas de campo elétrico, mais intenso é o campo elétrico nessa região.

II - O campo elétrico é nulo no ponto médio da reta que liga duas cargas de mesmo sinal.

III - As linhas de campo elétrico representam o comportamento exato (módulo, direção e sentido) do vetor campo elétrico.

Está(ão) correta(s):

a) Apenas I.

b) Apenas I e II.

c) Apenas I e III.

d) Apenas II e III.

e) I, II e III.

Correta: A

Resolução em:

Módulo: CEAA - CAMPO ELÉTRICO I

Lista: CEAA06EX - Exercícios de Compreensão #03

Exercício 13: Sobre o módulo do campo elétrico, afirma-se:

I - Independe do meio em que a carga está.

II - É diretamente proporcional ao módulo da carga que o gerou.

III - Depende do valor da carga teste que se usou para determinar o valor do campo.

Está(ão) correta(s):

a) Apenas II.

b) Apenas I e II.

c) Apenas I e III.

d) Apenas II e III.

e) I, II e III.

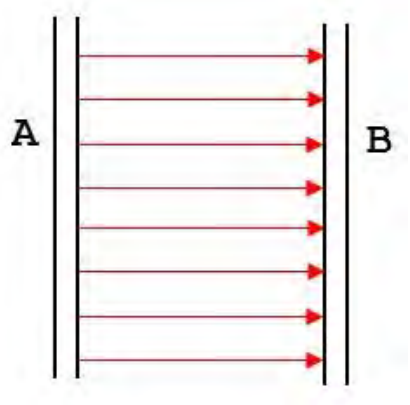
Correta: A

Resolução em:

Módulo: CEBA – CAMPO ELÉTRICO II

Lista: CEBA02EX – Exercícios de Compreensão #03

Exercício 14: Duas placas paralelas, A e B, geram um campo elétrico uniforme como representado na imagem abaixo:



Sobre essa situação, é possível afirmar que:

a) A placa A tem carga positiva e a placa B tem carga negativa.

b) A placa A tem carga negativa e a placa B tem carga positiva.

c) O campo não é uniforme.

d) A placa A tem o dobro de valor de carga que a placa B.

e) Nenhuma das alternativas anteriores.

Correta: A

Resolução em:

Módulo: CEBA – CAMPO ELÉTRICO II

Lista: CEBA06EX – Exercícios de Compreensão #02

 Todos os direitos reservados © 2018.

POTENCIAL ELÉTRICO E ENERGIA POTENCIAL ELÉTRICA

POTENCIAL ELÉTRICO (V)

Você precisa prestar bastante atenção agora! Esse é um conceito abstrato, difícil de relacionar com algo intuitivo. Então, vamos aprender isso juntos! Imagine um ponto situado em um campo elétrico. Existe um potencial elétrico (V) associado a este ponto. Sabe o que significa esse potencial? Ele representa a energia que seria necessária para trazer uma carga de um coulomb até esse ponto. É importante você saber isso! Em geral, tomamos como referencial o infinito, isto é, consideramos que estamos trazendo a carga do infinito até o ponto determinado.

Note que será necessário gastar uma energia para trazer uma carga de (q) coulombs do infinito até algum ponto P. Essa energia ficará armazenada no sistema na forma de Energia Potencial Elétrica, dada pela seguinte equação:

$$E_{PE} = qV$$

Lembra que energia era medida em Joule (J) e que a intensidade de uma carga é expressa em coulomb (C)? Pois então, vamos usar este fato para deduzir a unidade do potencial elétrico. Isolando o potencial elétrico na equação, temos o seguinte:

$$V = \frac{E_{PE}}{q}\left[\frac{J}{C}\right]$$

Através disso podemos perceber que a unidade de Potencial Elétrico é o J/C, também conhecido como Volt (V)!

POTENCIAL ELÉTRICO DEVIDO A UMA CARGA PUNTIFORME

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Acabamos de ver que, para existir potencial elétrico, necessariamente deve haver um campo elétrico, não é? Isso mesmo! Agora vamos relacionar as coisas! Também já aprendemos que uma carga elétrica puntiforme gera um campo elétrico, certo? Como podemos, então, relacionar o potencial elétrico com uma carga elétrica puntiforme? Isso é muito simples! Considerando um ponto aleatório situado a uma distância (d) de uma carga elétrica puntiforme (Q), essa relação é dada pela seguinte equação:

$$V = k\frac{Q}{d}$$

Repare que nesta expressão, ao contrário do que acontecia quando estamos campo elétrico, não estamos utilizando o módulo da carga. Aqui o sinal da carga elétrica importa! O potencial elétrico pode ser tanto positivo quanto negativo.

ENERGIA POTENCIAL ELÉTRICA (EPE)

Boa notícia! Já vimos isso anteriormente enquanto estudávamos potencial elétrico! Mas, como Física nunca é demais, vamos nos aprofundar um pouquinho mais nisso: imagine uma carga elétrica positiva (Q) em uma região do espaço. Se tivermos interesse em trazer outra carga elétrica positiva (q) até as proximidades da carga anterior, haverá repulsão entre elas, certo? E teremos que gastar energia para vencer as forças elétricas que repelem as cargas? Claro que sim!

Se liga nessa outra situação: se mantivermos aquelas duas cargas positivas paradas próximas uma da outra, a tendência delas será cada uma ir para um lado diferente, concorda? Pois então, essa energia de repulsão que ficará acumulada no sistema é justamente a Energia Potencial Elétrica (Epe). Essa energia dependerá da intensidade das cargas (q e Q) e da distância (d) entre elas!

$$E_{PE} = k\frac{qQ}{d}$$

 Todos os direitos reservados © 2018.

Vale relembrar! Assim como todas as formas de energia no SI, a Energia Potencial Elétrica é medida em Joules (J).

PROPRIEDADES DO POTENCIAL ELÉTRICO

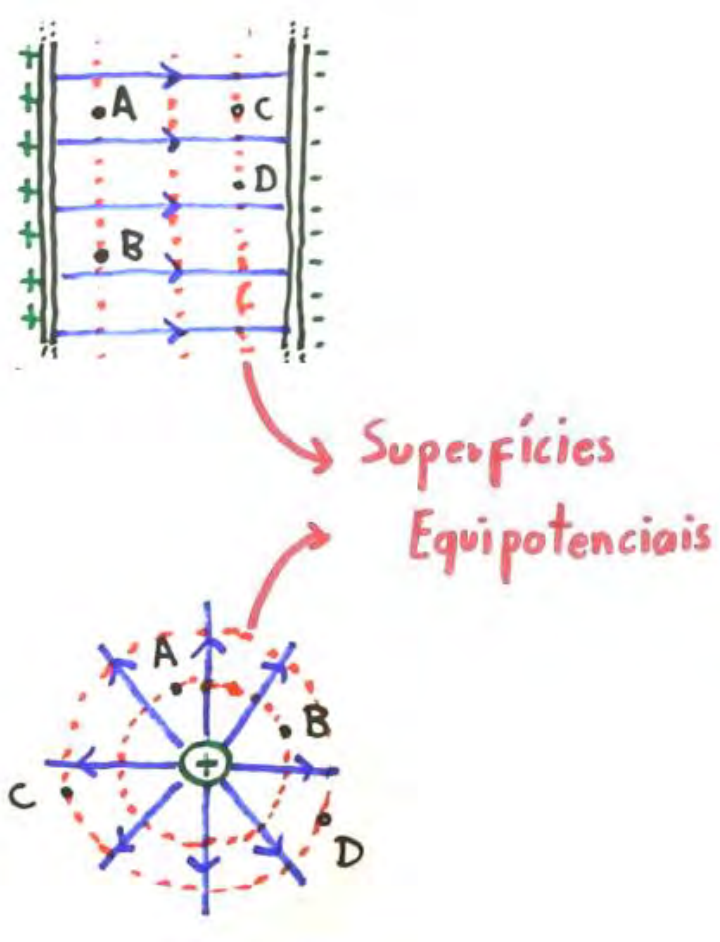
Quando estamos tratando de potencial elétrico, existem algumas propriedades dele que você precisa lembrar. Por isso, se liga!

Lembra das grandezas escalares? O potencial elétrico é uma delas! Ele é representado apenas por um número. Pense que o potencial elétrico é fruto das cargas e pode ser visto nas linhas de campo que elas geram. Sendo assim, o valor desse potencial elétrico sempre diminui conforme andamos no mesmo sentido dessas linhas de campo. Para cargas positivas, como as linhas "saem" da carga, o potencial elétrico diminui quando nos afastamos dela. Já em cargas negativas, como as linhas de campo estão entrando na carga, o potencial elétrico diminui quando nos aproximamos da carga

Agora fica fácil de deduzir como as cargas se movimentam quando abandonadas em um campo elétrico: cargas positivas tendem a se deslocar para pontos de menor potencial; cargas negativas tendem a se deslocar para pontos de maior potencial.

SUPERFÍCIES EQUIPOTENCIAIS

Superfícies equipotenciais são muito simples! Elas são um conjunto de pontos que apresentam o mesmo potencial elétrico. Em outras palavras, o potencial elétrico (V) é constante em todos os pontos de uma superfície equipotencial. Existem duas propriedades das superfícies equipotenciais que são muito importantes e merecem um esforço para serem lembradas. A primeira propriedade é que elas são sempre perpendiculares às linhas de campo; a segunda diz que o trabalho realizado pelo campo elétrico de uma carga que se desloca sobre uma superfície equipotencial é nulo.



TRABALHO REALIZADO PELO CAMPO ELÉTRICO (W)

Lembra o que é trabalho? Aquele mesmo que falamos na apostila de Energia! Pois então, ele possui uma aplicação aqui também! Conforme uma carga é deslocada entre dois pontos dentro de um campo elétrico, a força elétrica sentida por essa carga realiza trabalho sobre ela. Em outras palavras, a força do campo elétrico transfere energia para a carga. Mais uma vez, é muito importante saber calcular o valor desse trabalho! A equação abaixo permite fazer esse cálculo:

$$W_{AB} = q(V_A - V_B)$$

 Todos os direitos reservados © 2018.

em que VA e VB são os valores do potencial elétrico nos pontos inicial e final, respectivamente.

Observações importantes!

- ✓ O trabalho da força elétrica não depende do caminho;
- ✓ O trabalho será positivo quando o deslocamento for a favor da força elétrica;
- ✓ O trabalho será negativo quando o deslocamento for contra a força elétrica.

E aí, vamos praticar? Temos três exercícios para você fazer o teste!

Exercício 15: Em uma aula de Física, todos os alunos estavam muito aflitos com as confusões geradas pelos valores que podem ter o campo elétrico e o potencial elétrico gerado por cargas de diferentes sinais. Em certo momento, um aluno se levanta da cadeira e diz a seguinte frase:

"O campo elétrico e o potencial elétrico sempre terão módulo maior que zero, contudo, o valor de potencial elétrico pode ser menor que zero."

Com base na frase do aluno, é possível afirmar que:

a) Está correta.

b) Está incorreta, pois o módulo do potencial elétrico pode ser menor que zero.

c) Está incorreta, pois o módulo tanto do campo elétrico quanto do potencial elétrico podem ser menores que zero.

d) Está incorreta, pois como o campo elétrico é um vetor, não faz sentido calcularmos seu módulo.

 Todos os direitos reservados © 2018.

e) Está incorreta, pois como o potencial elétrico é um vetor, não faz sentido calcularmos seu valor.

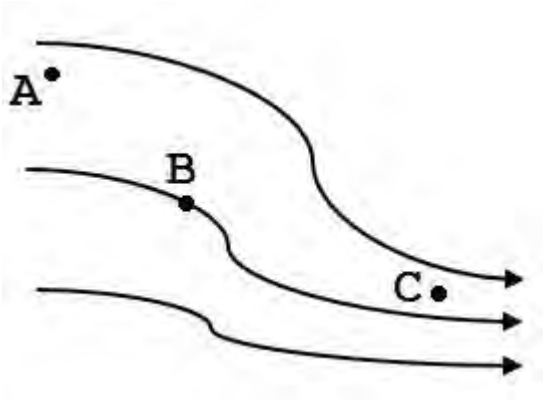
Correta: A

Resolução em:

Módulo: PEAA - POTENCIAL ELÉTRICO I

Lista: PEAA04EX - Exercícios de Compreensão #01

Exercício 16: A figura abaixo mostra as linhas de campo elétrico em determinada região do espaço.



Uma carga positiva é colocada em A, uma carga neutra em B e uma carga negativa em C. Inicialmente, as cargas estão em repouso.

Assinale a alternativa que contenha uma afirmação verdadeira.

a) A carga em A se movimenta contra o sentido das linhas de campo elétrico.

b) A carga em B se mantém em repouso, pois o campo elétrico nesse ponto é nulo.

c) A carga em C se movimenta contra o sentido das linhas de campo.

d) O módulo do campo elétrico em A é maior que o campo elétrico em C.

e) O campo elétrico em B é o que tem menor módulo.

Correta: C

Resolução em:

Módulo: PEBA - POTENCIAL ELÉTRICO II

Lista: PEBA02EX - Exercícios de Compreensão #01

Exercício 17: As superfícies equipotenciais em torno de uma carga pontual são:

a) Círculos concêntricos com o ponto onde a carga se encontra.

b) As superfícies das esferas concêntricas com o ponto onde a carga se encontra.

c) Linhas paralelas às linhas de campo da carga.

d) As superfícies dos cubos concêntricos com o ponto onde a carga se encontra.

e) As superfícies de tetraedros concêntricos com o ponto onde a carga se encontra.

Correta: B

Resolução em:

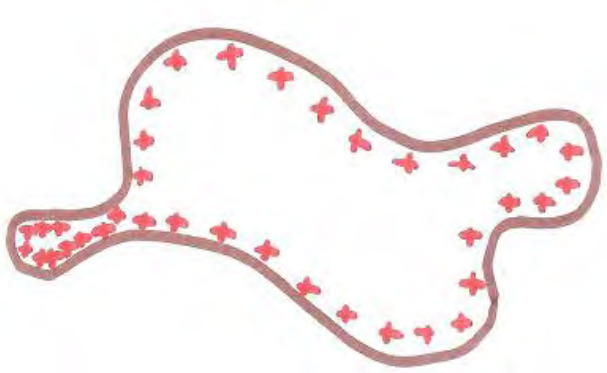
Módulo: PEBA - POTENCIAL ELÉTRICO II

Lista: PEBA04EX - Exercícios de Compreensão #01

CONDUTOR EM EQUILÍBRIO ELETROSTÁTICO

Você pode olhar esse nome estranho e se assustar, mas não se preocupe, o nome parece mais complicado do que realmente é! Para começar, a primeira coisa que precisamos definir é o que é equilíbrio eletrostático. Vamos lá! Um corpo condutor (pode ser um carro, um avião ou qualquer coisa feita de material condutor) está em equilíbrio eletrostático quando não há movimento ordenado de cargas em seu interior ou superfície. É necessário que fique claro: não há movimento de cargas! Existem cargas elétricas no corpo, elas só não se movimentam!

Agora ficará fácil notar a importância de termos estudado as forças de repulsão, pois elas serão importante para explicar em detalhes o que acontece nos condutores! Em função de possuírem o mesmo sinal, os elétrons livres sempre buscam ficar o mais distante possível uns dos outros. Agora vamos pensar: onde eles poderiam ficar, de maneira que a distância entre eles seja a maior possível? No interior? Justamente o contrário, no exterior, na superfície! Sendo assim, isso nos permite dizer que as cargas sempre se encontram na superfície externa do condutor quando ele está em equilíbrio.



Importante saber! Em um condutor esférico isolado, em função da sua simetria, as cargas irão se distribuir de maneira uniforme na superfície externa. Contudo, se o condutor apresentar uma geometria irregular, as cargas irão se distribuir de maneira não uniforme pela superfície, localizando-se em maior densidade nas pontas do condutor.

PROPRIEDADES DOS CONDUTORES EM EQUILÍBRIO ELETROSTÁTICO

Existem alguns detalhes fundamentais que você precisa saber quando tratamos de condutores em equilíbrio eletrostático. Vamos estudá-los agora!

1. O campo elétrico no interior do condutor é sempre nulo;

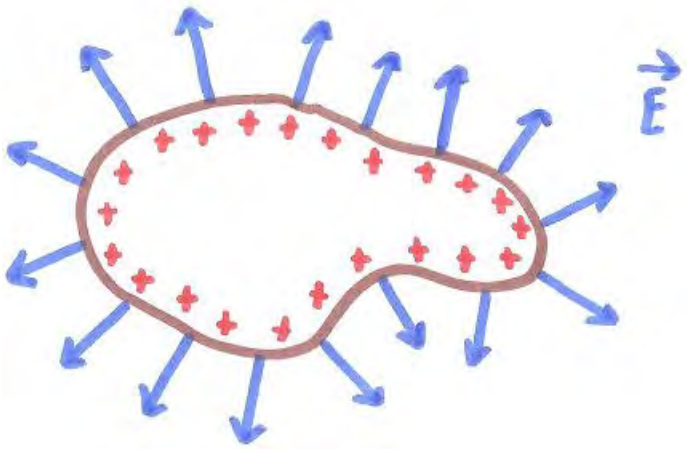
 | Todos os direitos reservados © 2018.

$$E_{Interno} = 0$$

2. O potencial elétrico é o mesmo em todos os pontos do interior e da superfície do condutor;

$$V_{Interno} = V_{Superfície}$$

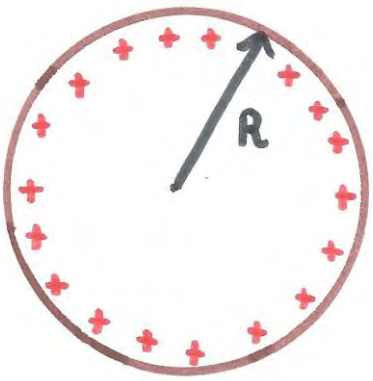
3. O vetor campo elétrico é perpendicular à superfície em todos os pontos.



CONDUTORES ESFÉRICOS EM EQUILÍBRIO ELETROSTÁTICO

Este tópico vale uma atenção especial, pois a maioria dos problemas que teremos que resolver envolve condutores esféricos (nome bonito para se referir a uma esfera oca carregada). Mas não se assuste! Este é apenas um caso particular de tudo que já vimos antes.

 Todos os direitos reservados © 2018.



Como em todos os condutores em equilíbrio, o campo elétrico no interior dessa esfera será nulo!

$$E_{Interno} = 0$$

E para pontos próximos à superfície externa desse condutor, qual será o valor do campo elétrico? É simples! Basta pensarmos nessa esfera como uma carga pontual localizada bem em seu centro. Se pensarmos assim, basta utilizarmos a equação que vimos anteriormente para o campo elétrico ao redor de cargas pontuais, apenas substituindo a distância da equação pelo raio da esfera.

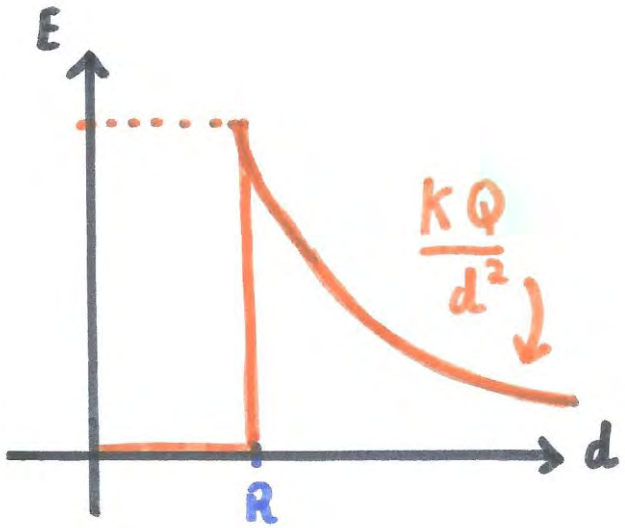
$$E_{Sup} = k\frac{|Q|}{R^2}$$

Podemos utilizar o mesmo princípio para descobrir o valor do campo elétrico no exterior da esfera. Basta utilizarmos a distância (d) como sendo a distância do ponto em que desejamos encontrar o valor do campo elétrico até o centro da esfera.

$$E_{ext} = k\frac{|Q|}{d^2}$$

Fazendo a análise gráfica de tudo que acabamos de ver, teremos a seguinte representação:

 | Todos os direitos reservados © 2018.



Agora vamos ver como o potencial elétrico se comporta nessa esfera. Como em todos os outros condutores, o potencial é o mesmo em todos os pontos do interior e da superfície da esfera.

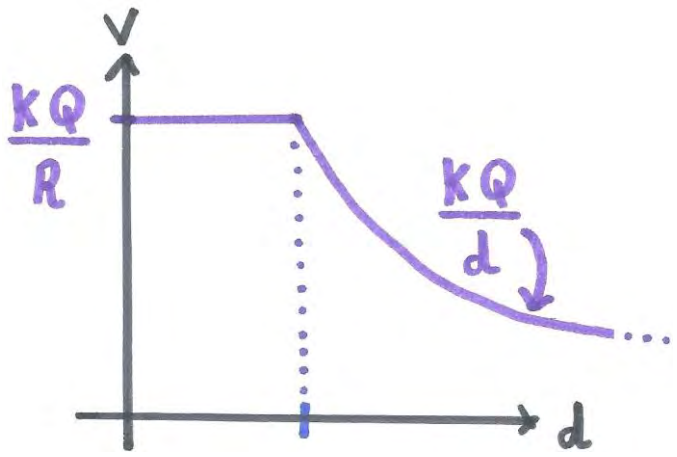
$$V_{Interno} = V_{Superfície}$$

E nos pontos externos à esfera, como o potencial se comporta? Para responder isso vamos repetir aquela mesma análise que fizemos para o campo elétrico: tratar esse condutor como uma carga pontual localizada bem no centro da esfera, ou seja, vamos utilizar aquela mesma equação que vimos anteriormente para o potencial elétrico ao redor de uma carga pontual. A única diferença é que agora consideraremos a distância até o centro da esfera para o cálculo.

$$V_{ext} = k\frac{Q}{d}$$

Fazendo a análise gráfica de tudo que acabamos de ver, teremos a seguinte representação:

 Todos os direitos reservados © 2018.



GAIOLA DE FARADAY

Com certeza você já ouviu falar que os físicos são todos meio loucos, não é? Pois então, eles até podem ser meio loucos, mas eles literalmente confiam sua vida em suas descobertas! Uma das provas disto é justamente o experimento que vamos estudar agora, chamado Gaiola de Faraday.

Imagine uma gaiola toda feita de metal (pense em uma cabine telefônica!) conectada direto a um gerador eletrostático de alta voltagem. Conforme acabamos de estudar sobre condutores em equilíbrio eletrostático, por mais que toda superfície da gaiola esteja eletrizada, em seu interior o campo elétrico deve ser nulo, concorda? Pois então, um cientista chamado Michael Faraday fez exatamente isso que acabamos de descrever. Até aí tudo bem, certo? Mas agora vem a parte extraordinária. Ele confiava tanto que essa teoria estava certa que ficou dentro da gaiola enquanto o experimento acontecia. E adivinhe, a teoria estava certa, Faraday não recebeu nenhuma descarga elétrica! Foi justamente por causa deste experimento que a blindagem eletrostática também ficou conhecida por gaiola de Faraday.

Hoje em dia esse mesmo conceito pode ser visto nos aviões ou nos carros quando eles são atingidos por raios. As cargas elétricas se distribuem pela carcaça metálica, não afetando o que está dentro dela. Por isso, já sabe né? Se você estiver andando de carro e começar uma tempestade, não se preocupe em sair dele, fique calmo e espere a chuva passar. Se vier a ocorrer uma descarga elétrica você não se machucará. Além disso, esse princípio também é aplicado na proteção de instalações elétricas perigosas ou

 | Todos os direitos reservados © 2018.

importantes. Esses sistemas são inseridos em uma malha fechada de metal, impedindo que eles sejam afetados por campos elétricos externos.

E aí, tudo tranquilo com as propriedades dos condutores em equilíbrio eletrostático? Aqui vai um exercício para você fazer o teste:

Exercício 18: Uma batata feita de metal (ou seja, de material condutor) encontra-se carregada e em equilíbrio eletrostático. Sobre esta situação podemos afirmar que

a) O campo elétrico é mais intenso no centro do condutor.

b) Todos os pontos da superfície do condutor apresentam o mesmo potencial elétrico.

c) A carga elétrica em excesso se distribui uniformemente pela superfície do condutor.

d) O campo elétrico é paralelo à superfície externa do condutor.

e) Não sei porque fiquei no celular pensando na vida enquanto passava a aula.

Correta: B

Resolução em:

Módulo: EQEL - EQUILÍBRIO ELETROSTÁTICO

Lista: EQEL04EX - Exercícios de Compreensão #01

ELETROSTÁTICA NA PRÁTICA

Antes de finalizarmos nosso estudo sobre a Eletrostática, vamos propor um desafio para você! Você só vai precisar de uma caneta de plástico e de pedaços de papel cortados bem pequenos. O primeiro passo é pegar a caneta e esfregar a parte de trás dela no seu cabelo por alguns minutos. Pronto? Agora aproxime essa parte da caneta dos pedaços de papel. Percebeu o que aconteceu? Os papéis foram atraídos pela caneta, certo? Física!

Ao esfregar a caneta no seu cabelo, você a eletrizou por atrito! Quando você aproxima a caneta carregada aos pedacinhos de papel, que são neutros, só uma coisa pode acontecer: atração entre eles!

CONCLUSÃO

E aí, curtiram estudar a Eletrostática? Espero que sim! Agora que terminamos essa apostila você está apto para analisar diversos processos de eletrização que são muito comuns em nosso dia a dia! Além disso, vários conceitos importantes também foram apresentados aqui. Lembre-se de revisá-los!

Tudo que você aprendeu aqui será muito importante no estudo da nossa próxima apostila, em que abordaremos a Eletrodinâmica e precisaremos de conceitos já estudados. Nos vemos lá!

Um novo jeito de aprender. O seu jeito. | Todos os direitos reservados © 2018.

PARTE II

FÍSICA

02

ELETRODINÂMICA CIRCUITOS E CORRENTE ELÉTRICA

meSalva!

ELETRODINÂMICA
CIRCUITOS E CORRENTE ELÉTRICA

E aí, galera do Me Salva!

Vocês já pensaram como a eletricidade é conduzida até as nossas casas? Já pensaram como ela "anda" por dentro das casas, ligando todas as luzes e fazendo nosso computador funcionar? Ela faz tudo isso através dos cabos de luz, obviamente. Mas como ela é transportada nesses cabos? Como ela sabe para onde ir quando ligamos uma lâmpada ou então colocamos nosso celular para carregar? É isso que vamos estudar nessa apostila!

Ao contrário do que estudamos na apostila de Eletrostática, aqui na Eletrodinâmica estamos interessados em estudar como eletricidade se move. Em outras palavras, como acontece o movimento das cargas elétricas! Vamos aprender conceitos importantes para entender esse movimento e também aprenderemos a analisar circuitos com os quais nos deparamos diariamente, como a associação de lâmpadas (resistores) que ilumina os locais que frequentamos, por exemplo. Tenho certeza que vai ser legal!

 | Todos os direitos reservados © 2018.

CORRENTE ELÉTRICA

Com certeza você já ouviu falar em corrente elétrica, não é? Mas você sabe o que exatamente é a corrente elétrica? Para entender isso você precisa lembrar das cargas elétricas que estudamos lá na apostila de Eletrostática. Pois então, corrente elétrica é o nome dado ao movimento ordenado dessas cargas elétricas (elétrons!) dentro dos fios.

Podemos entender um pouco melhor esse conceito fazendo a associação com uma cachoeira! Sim, uma queda d'água! Concorda que as moléculas de água se dirigem ao fundo da cachoeira porque ele é um ponto mais baixo? Escrevendo isso em outras palavras, podemos dizer que a água cai porque existe uma diferença de potencial gravitacional entre o topo e o fundo da cachoeira.

Agora imagine que as moléculas de água são cargas elétricas e que o fluxo de água é a corrente elétrica. Assim como aconteceu com as moléculas, para que essas cargas se movimentem de um ponto para outro, também deve existir uma diferença de potencial, certo? Exatamente isso! A mudança agora é que a responsável por isso não é uma diferença de potencial gravitacional, mas uma diferença de potencial elétrico (d.d.p)! Na prática, essa d.d.p é induzida através de geradores elétricos!

Muito importante! Você lembra que na apostila de Eletrostática estudamos dois tipos de cargas elétricas? Pois então, os prótons são um desses tipos de cargas, que são fixos no átomo, e os elétrons são outro tipo, que podiam se mover. Durante nosso estudo da Eletrodinâmica estaremos sempre falando sobre o movimento de cargas, consequentemente estaremos sempre tratando de elétrons!

SENTIDO DA CORRENTE ELÉTRICA

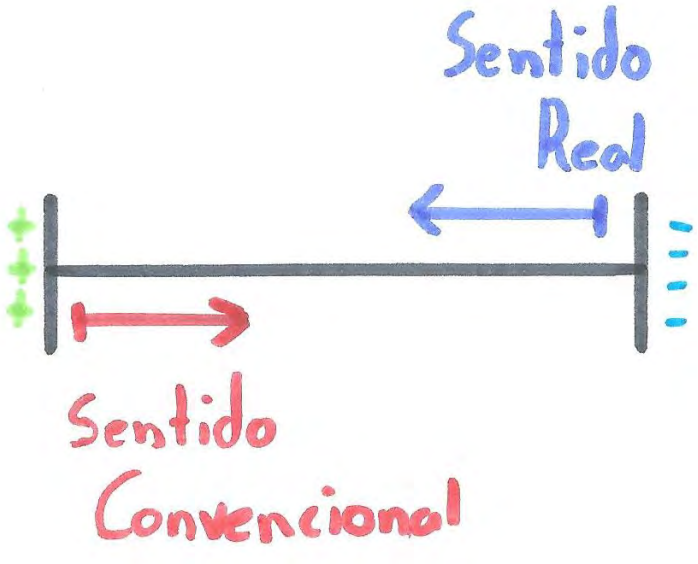
Já sabemos que as cargas elétricas dentro dos condutores se movem em função de uma diferença de potencial, certo? Mas para qual lado elas se movimentam? Qual o sentido desse movimento? Para entendermos isso precisamos nos aprofundar um pouquinho mais no estudo da d.d.p.

Para que uma diferença de potencial elétrico seja criada, deve haver sempre um ponto de maior potencial (positivo) e um ponto de menor potencial (negativo).

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Revisando o que já vimos na apostila anterior, através do princípio da atração e repulsão, os elétrons (cargas negativas) sempre são afastadas de pontos negativos e atraídos por pontos positivos. Seguindo essa lógica, podemos concluir que, na prática, o movimento dos elétrons acontece do polo negativo para o polo positivo, concorda? Exatamente isso. Caso estivéssemos tratando de qualquer carga positiva (menos os prótons, que não se movimentam), o sentido seria o inverso!

Quando a corrente elétrica foi descoberta, nada se conhecia sobre a estrutura dos átomos. Não se imaginava que os prótons eram fixos e apenas os elétrons se moviam. Justamente por essa falta de conhecimento, foi convencionado que o sentido da corrente elétrica dentro de um condutor era do polo positivo para o polo negativo, ou seja, o sentido das cargas elétricas positivas. E aqui entra uma informação curiosa e muito importante. Mesmo quando descobriram que isso estava errado, esse sentido convencional continuou a ser adotado. Desta forma, por mais que sejam os elétrons que estejam se movendo, em todos problemas que você for resolver, o sentido da corrente utilizado deve ser o convencional!

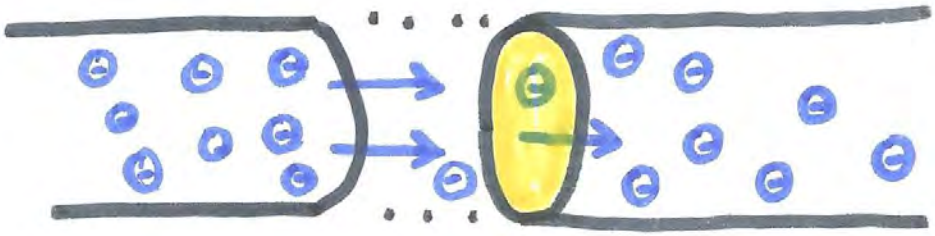


Vale o conhecimento! Existe um motivo pelo qual o sentido convencional da corrente elétrica não foi alterado com a descoberta dos elétrons: é que a adoção desse sentido não acarreta em erros de cálculo ou em qualquer problema físico.

INTENSIDADE DA CORRENTE ELÉTRICA (I)

 | Todos os direitos reservados © 2018.

A intensidade é justamente a quantidade de carga que passa através de um fio condutor. Mais especificamente, o número de cargas que atravessa a seção reta do condutor.



Este número define se há muita ou pouca carga passando pelo fio, por unidade de tempo. Ele é calculado pela seguinte expressão:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

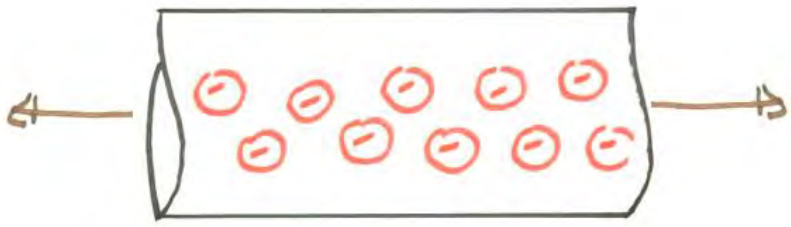
Como ΔQ representa a quantidade de carga que atravessa o condutor, sua unidade é coulomb (C). Além disso, o tempo considerado para esse cálculo deve ser medido em segundo (s). A corrente elétrica é representada pela divisão dessas unidades (C/s), mas, devido a sua importância na Física, ela ganha uma unidade específica, o Ampère (A).

Quem foi Ampère: Assim como a Dinâmica possui Newton como seu "pai", a Eletrodinâmica possui André-Marie Ampère. Muitas vezes inclusive chamado de "Newton da Eletricidade", Ampère foi um físico francês que teve seu nome associado à unidade de medida da corrente elétrica em virtude de ser responsável pela criação de diversas teorias físicas que nos permitiram entender a Eletrodinâmica.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

TIPOS DE CORRENTE ELÉTRICA

Se considerarmos o movimento dos elétrons dentro de um fio, existem duas direções para as quais eles podem se movimentar, como você pode ver na imagem abaixo:

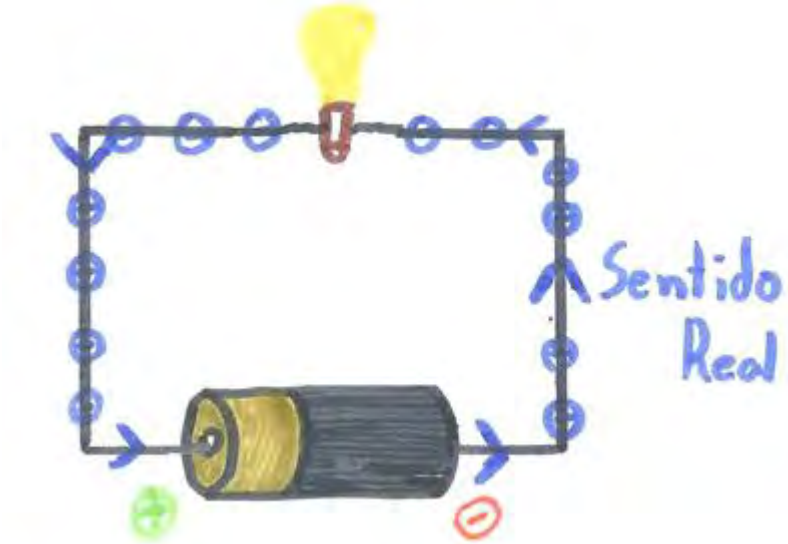


O que estudaremos agora são justamente os dois tipos de movimento que a corrente elétrica pode exercer dentro de um condutor.

CORRENTE CONTÍNUA (CC)

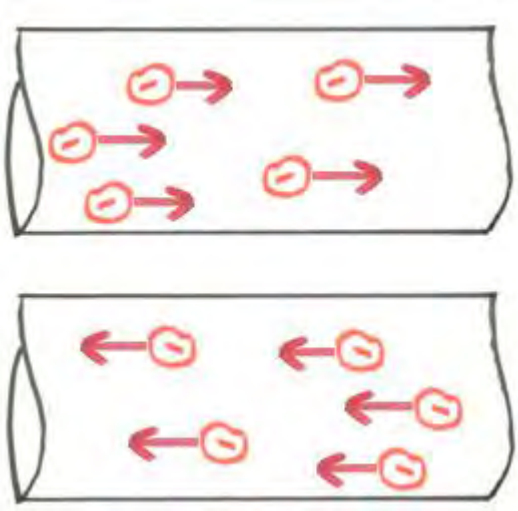
Este tipo de movimento é bem simples. Chamamos de corrente contínua quando as cargas se deslocam sempre no mesmo sentido. Esse tipo de corrente é gerado, por exemplo, por pilhas e baterias.

 | Todos os direitos reservados © 2018.



CORRENTE ALTERNADA (CA)

Chamamos de corrente alternada quando o movimento das cargas dentro de um condutor muda seu sentido periodicamente. Elas "vêm e vão", em alguns momentos se movem para a direita, em outros para a esquerda. O interessante é que esse movimento é invertido até 120 vezes por segundo! Esse tipo de movimento das cargas é muito importante, pois é desta forma que a corrente elétrica é transmitida por longas distâncias até chegar em nossas casas.



 Todos os direitos reservados © 2018.

CONDUTORES DE CORRENTE ELÉTRICA

Você sabe quais são as características em comum entre o nosso corpo e um fio de cobre? Provavelmente você deve imaginar que não existe nenhuma. Mas sim, existem características em comum! Ambos são condutores de corrente elétrica, ou seja, são meios pelos quais a eletricidade consegue passar. O que caracteriza esses dois corpos como condutores é a presença de cargas "livres", pois são justamente essas cargas as responsáveis pela condução da eletricidade! Existem dois tipos de condutores que você precisa conhecer:

CONDUTORES ELETRÔNICOS

Praticamente todos os condutores que estudaremos nesta apostila são deste tipo. As cargas que se movimentam nestes condutores são os elétrons! Vários materiais são desse tipo, e de um você certamente já ouviu falar: os metais. Outro muito importante que você precisa conhecer é o grafite!

CONDUTORES IÔNICOS

As cargas que se movimentam neste tipo de condutor são íons. Sabe as lâmpadas fluorescentes? O gás contido nelas é um condutor deste tipo! Vários condutores iônicos são substâncias químicas! Lembra dos ácidos, bases e sais em solução? Os íons podem se movimentar neles. Consequentemente, essas substâncias conduzem eletricidade.

Vale o conhecimento! Lembra quando você estava estudando Química, especificamente o modo aleatório que as moléculas se comportam em um gás? As cargas possuem esse mesmo movimento dentro dos condutores!

E aí, já está preparado para alguns exercícios? Aproveite para treinar o que acabamos de estudar!

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Exercício 1: A corrente _____ acontece nos condutores sólidos, e o movimento das cargas acontece do polo negativo para o polo _____.

A corrente _____ acontece nos condutores sólidos, e o movimento das cargas acontece do polo _____ para o polo negativo.

a) REAL, POSITIVO, CONVENCIONAL, POSITIVO.
b) CONVENCIONAL, POSITIVO, REAL, POSITIVO.
c) REAL, NEGATIVO, CONVENCIONAL, POSITIVO.
d) REAL, POSITIVO, CONVENCIONAL, NEGATIVO.
e) CONVENCIONAL, POSITIVO, REAL, NEGATIVO.

Correta: A
Resolução em:
Módulo: IELD - INTRODUÇÃO À ELETRODINÂMICA E CORRENTE ELÉTRICA
Lista: IELD02EX - Exercícios de Compreensão #02

Exercício 2: Uma corrente elétrica de intensidade igual a 5A percorre um fio condutor. Qual o valor da carga que passa através de uma secção transversal em 1 minuto?

a) 30 C
b) 100 C
c) 300 C
d) 100 A
e) 30 A

Correta: C
Resolução em:
Módulo: IELD - INTRODUÇÃO À ELETRODINÂMICA E CORRENTE ELÉTRICA
Lista: IELD04EX - Exercícios de Compreensão #02

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Exercício 3: Complete:

Na corrente _____ as cargas se movem sempre no mesmo sentido. Um exemplo é a _____ .

Na corrente _____ as cargas invertem o sentido do movimento. Um exemplo é a _____ .

a) CONTÍNUA, REDE ELÉTRICA DE CASA; ALTERNADA, PILHA.

b) ALTERNADA, REDE ELÉTRICA DE CASA; CONTÍNUA, PILHA.

c) CONTÍNUA, PILHA; ALTERNADA, REDE ELÉTRICA DE CASA.

d) ALTERNADA, PILHA; CONTÍNUA, REDE ELÉTRICA DE CASA.

e) Nenhuma das alternativas anteriores.

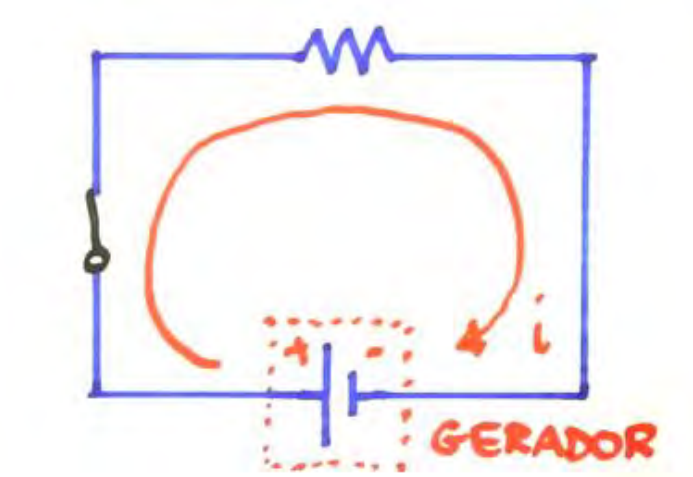
Correta: C
Resolução em:
Módulo: IELD - INTRODUÇÃO À ELETRODINÂMICA E CORRENTE ELÉTRICA
Lista: IELD06EX - Exercícios de Compreensão #01

CIRCUITOS ELÉTRICOS

Circuito elétrico é o nome dado ao caminho fechado que a eletricidade percorre. Pense, por exemplo, em um controle remoto: a eletricidade sai das pilhas e percorre um caminho dentro do controle. A grande questão é que nesse caminho há diversos dispositivos consumidores de energia, como os resistores, indutores, capacitores...

Nosso principal objetivo aqui na Eletrodinâmica é fazer a análise de como a corrente elétrica e o potencial elétrico se comportam quando a eletricidade atravessa os elementos que existem dentro do circuito. Para isso precisamos estudar e aprender como cada um desses dispositivos funciona!

 | Todos os direitos reservados © 2018.



GERADOR

Já falamos nesta apostila que o movimento das cargas em um condutor só ocorre em virtude de uma diferença de potencial elétrico, lembra disso? Pois então, nos circuitos elétricos essa d.d.p é justamente causada pelos geradores. Podemos pensar nos geradores como responsáveis pelo bombeamento das cargas através dos condutores. A d.d.p que eles geram faz uma uma espécie de "pressão elétrica" nos elétrons, empurrando-os pelo circuito.

Na prática os geradores são dispositivos que convertem uma forma qualquer de energia em energia elétrica. Ou seja, a energia elétrica que faz a corrente andar dentro dos circuitos não surge do nada. Em nosso cotidiano, os tipos mais comuns de geradores são esses aqui:

Pilha ou bateria – A pilha e a bateria são utilizadas na maioria dos dispositivos que possuímos em nossa casa, desde o controle remoto da televisão até nossos celulares. Elas funcionam através da conversão de energia química em elétrica;

Dínamo – Apesar de não termos contato direto com ele, este tipo de gerador é o principal fornecedor de energia para nossas casas. É através de um dínamo que a energia elétrica é gerada nas usinas hidrelétricas. Ele funciona através da conversão de energia mecânica em elétrica;

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Células fotoelétricas – Esse tipo de gerador vem ganhando muito espaço hoje em dia. Em diversas casas já podemos ver painéis solares que utilizam células fotoelétricas; nelas acontece a conversão da energia luminosa em elétrica.

Dica do MeSalva!: O gerador não fornece os elétrons, apenas estabelece o campo elétrico que movimenta aqueles já presentes no fio e nos demais elementos.

ELEMENTOS DOS GERADORES

Força eletromotriz (ε) – É a diferença de potencial que o gerador produz;

Resistência interna (r) – Todo e qualquer gerador real apresenta uma certa resistência interna, que faz com que parte da energia produzida seja dissipada no próprio gerador.

Você precisa saber! A ddp em um gerador real será mínima (nula) quando a corrente tiver seu valor máximo. Para isso ocorrer, os terminais do gerador devem estar ligados a um fio de resistência desprezível. Quando isso acontece, dizemos que temos um **gerador em curto circuito**. A corrente máxima é chamada de **corrente de curto circuito** (icc).

ASSOCIAÇÃO DE GERADORES

Associação de geradores? Espera aí, cada circuito não possui apenas um gerador? Não! Um circuito pode conter mais de um gerador! Como em uma usina hidrelétrica – Itaipú, por exemplo.

Normalmente a inserção de diversos geradores em um circuito possui um propósito específico. Vamos analisar as duas combinações de geradores que podemos fazer no circuito. Se liga!

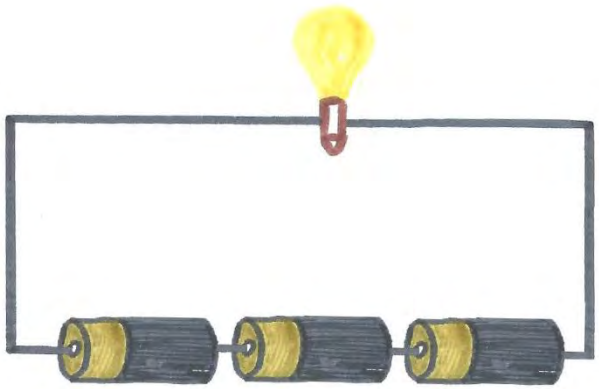
 Todos os direitos reservados © 2018.

ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE

A associação de geradores em série possui um único propósito: gerar uma maior diferença de potencial no circuito. A d.d.p (E) resultante será igual à soma da d.d.p causada por cada gerador.

$$E_{total} = E_1 + E_2 + E_3 \ ...$$

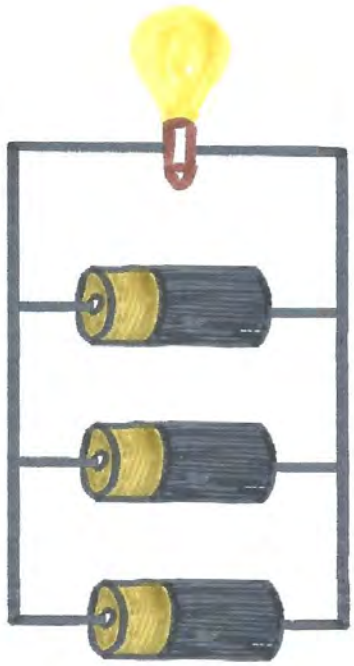
Olha essa imagem aqui embaixo, ela vai ajudar a entender como funciona essa associação!



ASSOCIAÇÃO EM PARALELO

 | Todos os direitos reservados © 2018.

A associação de geradores em paralelo é utilizada para diminuir a corrente em cada gerador e, assim, aumentar a durabilidade de cada um deles. Uma observação muito importante neste tipo de associação é que ela só pode ser feita utilizando geradores iguais! Essa associação é representada assim:



RESISTORES

Sabe aquele banho bem quente que nós tomamos no inverno? Você já parou para pensar o que o torna possível? A água quente que sai do chuveiro, obviamente. Mas espera aí, alguma coisa deve acontecer dentro do chuveiro para que essa água saia quente, certo? Pois então, você pode nunca ter pensado nisso, mas existe uma resistência dentro do chuveiro e ela é a responsável por esquentar a água!

Pensando em nosso chuveiro, podemos concluir que resistor é um componente que converte energia elétrica em térmica, em calor! É bastante importante que você saiba que essa conversão de energia possui um nome: efeito Joule! Existe uma explicação teórica para esse efeito, e ela vai ajudar a entender como essa conversão acontece. Se liga!

 | Todos os direitos reservados © 2018.

"O efeito Joule é decorrente da colisão de elétrons da corrente com partículas do condutor. Durante a colisão, os elétrons perdem movimento para o material, resultando na conversão de energia elétrica em calor. Este consumo de energia elétrica se traduz em queda de potencial elétrico através do resistor."

Vale o conhecimento! Você já colocou a mão em uma lâmpada ligada? Ela é muito quente! Esse aquecimento acontece por causa do efeito Joule! O material dos condutores faz uma certa resistência à passagem da corrente, gerando a dissipação de calor.

RESISTÊNCIA ELÉTRICA

As mesmas colisões que fazem os resistores esquentarem e dissiparem calor também dificultam a passagem da corrente elétrica por eles. A resistência elétrica é justamente a propriedade dos resistores que mede a dificuldade que a corrente elétrica terá para passar por dentro deles.

LEIS DE OHM

Da mesma força como Newton foi tão importante no estudo da Dinâmica a ponto da unidade de força ganhar seu nome, a mesma coisa aconteceu com o físico alemão Georg Simon Ohm. Ohm formulou as duas leis que regem o funcionamento da resistência elétrica e, justamente por isso, a unidade de resistência elétrica no Sistema Internacional ganhou o nome de ohm [Ω]. Essas duas leis são chamadas de Leis de Ohm! Vamos estudá-las individualmente agora.

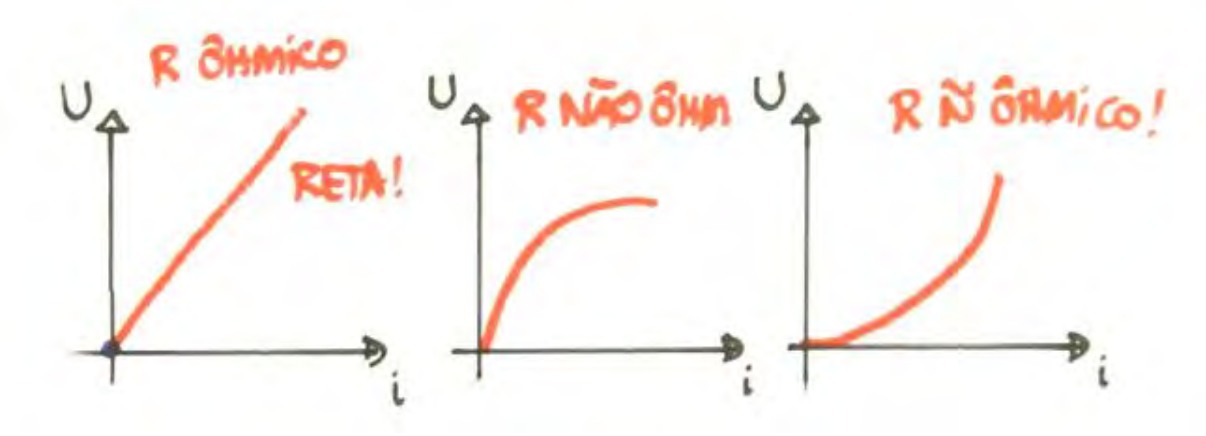
1ª LEI DE OHM – RESISTÊNCIA ELÉTRICA CONSTANTE

É meio lógico pensarmos que a resistência elétrica depende das características do material de que o resistor é feito, concorda? Até aí tudo bem. Mas, além disso, outro fator também influencia nessa resistência: a temperatura à

 Todos os direitos reservados © 2018.

qual o material está submetido. Mas como funciona essa influência? Aqui está a grande jogada desta primeira lei! Ohm identificou que, quando mantidos a uma temperatura constante, a resistência elétrica de alguns materiais é constante! Ou seja, independe da voltagem aplicada sobre o resistor! Esses materiais são chamados de ôhmicos e são muito presentes no nosso cotidiano. A maioria dos metais se comportam assim.

Em função da resistência elétrica ser constante, resistores feitos desses materiais possuem um comportamento específico muito interessante. A proporção entre a corrente que passa pelo resistor e a diferença de potencial se mantém sempre a mesma, independente dos valores de (U) ou (i). Se liga nos gráficos abaixo, eles comparam o comportamento da relação corrente-tensão para resistores ôhmicos e não ôhmicos.



Na prática, para resistores ôhmicos, a resistência elétrica (R) é mensurada através de uma relação matemática entre a corrente elétrica que atravessa o resistor (i) e a tensão entre os terminais do resistor (U):

$$R = \frac{U}{i}$$

$$U = Ri$$

Em outras palavras, o que essas equações nos dizem é que quanto maior a resistência de um material, menor é a corrente elétrica que o percorre!

 Todos os direitos reservados © 2018.

2ª LEI DE OHM – RESISTÊNCIA DE UM MATERIAL ÔHMICO

Essa lei é apenas um complemento da primeira! Como já vimos anteriormente, a resistência de um resistor ôhmico depende apenas das suas características e da sua temperatura. O que essa lei faz é explicitar quais são essas características.

A segunda lei de Ohm diz que a resistência elétrica depende de duas coisas: das propriedades do material e da geometria do resistor. Essa relação com a geometria é muito utilizada no dimensionamento dos fios elétricos que existem nos postes de luz. Ela pode ser expressa pela seguinte relação:

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

Em que L é o comprimento do resistor, A é a área de sua seção transversal e (p) é a resistividade do material, que depende da constituição e da temperatura deste.

Conhecimentos gerais! Em alguns metais, a resistência aumenta com o aumento da temperatura! Nos semicondutores e nos gases ionizados ela diminui com o aumento da temperatura.

E aí, vamos praticar? Temos três exercícios para você fazer praticar seu conhecimento de resistores!

Exercício 4: Complete:

A resistência mede a _____ de passar corrente elétrica por determinado corpo. Conforme as cargas vão passando, parte da energia elétrica é transformada em _____. Chamamos isso de _____.

A unidade de medida da Resistência elétrica é o _____.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

a) dificuldade; energia mecânica; conversão de energia elétrica em mecânica; Newton.

b) dificuldade; calor; efeito Doppler; Ohm.

c) dificuldade; calor; efeito Joule; Ohm.

d) dificuldade; calor; efeito fotoelétrico; Bar.

e) nem uma das alternativas anteriores; Bar.

Correta: C
Resolução em:
Módulo: RELO - RESISTÊNCIA ELÉTRICA E LEIS DE OHM
Lista: RELO02EX - Exercícios de Compreensão #01

Exercício 5: Imagine um circuito cuja tensão seja de 12V e a corrente 3A. Qual o valor da resistência elétrica?

a) 1 ohm

b) 2 ohm

c) 3 ohm

d) 4 ohm

e) 5 ohm

Correta: D
Resolução em:
Módulo: RELO - RESISTÊNCIA ELÉTRICA E LEIS DE OHM
Lista: RELO02EX - Exercícios de Compreensão #03

Exercício 6: Analisando a equação que define a resistência, quais afirmações estão corretas?

I - Quanto maior o comprimento do fio, maior a resistência.

II - Quanto maior o diâmetro de um fio, maior sua resistência.

III – O tipo de material que conduz os elétrons influencia diretamente na resistência que é oferecida.

a) Apenas I
b) Apenas II
c) Apenas III
d) Apenas I e II
e) Apenas I e III

Correta: E
Resolução em:
Módulo: CIRB - CIRCUITOS ELÉTRICOS II - APLICAÇÃO DA SEGUNDA LEI DE OHM E VALORES NOMINAIS
Lista: CIRB02EX - Exercícios de Compreensão #01

Exercício 7: Quais afirmações estão corretas?

I) A resistência é uma característica de um aparelho.

II) Se fornecemos uma diferença de potencial maior do que a nominal a um aparelho, ele não funcionará, pois está condicionado aos números nominais.

III) Observando a equação $P=U^2/R$, sabemos que a potência e d.d.p nominal são diretamente proporcionais, sendo que, para um determinado aparelho, a resistência é uma constante.

a) Apenas III
b) Apenas I e III
c) Apenas II e I
d) Apenas II e III
e) Apenas II

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Correta: B
Resolução em:
Módulo: CIRB - CIRCUITOS ELÉTRICOS II - APLICAÇÃO DA SEGUNDA LEI DE OHM E VALORES NOMINAIS
Lista: CIRB04EX - Exercícios de Compreensão #01

Exercício 8: A resistência em um fio de cobre é duas vezes menor que a resistência em outro fio. Os dois têm mesma área transversal, porém o fio de cobre tem 5 metros e o outro tem 50 metros. Qual a resistividade do fio de vinte metros em relação à resistividade do cobre?

a) $\rho = \rho_{Cu}/20$
b) $\rho = \rho_{Cu}/5$
c) $\rho = \rho_{Cu}/10$
d) $\rho = \rho_{Cu}/2$
e) $\rho = \rho_{Cu}/50$

Correta: A
Resolução em:
Módulo: CIRR - CIRCUITOS RESIDENCIAIS - FUSÍVEL, DISJUNTOR E INSTRUMENTOS DE MEDIDA
Lista: CIRR02EX - Exercícios de Compreensão #02

Exercício 9: (ENEM) O chuveiro elétrico é um dispositivo capaz de transformar energia elétrica em energia térmica, o que possibilita a elevação da temperatura da água. Um chuveiro projetado para funcionar em 110V pode ser adaptado para funcionar em 220V, de modo a manter inalterada sua potência.

Uma das maneiras de fazer essa adaptação é trocar a resistência do chuveiro por outra, de mesmo material e com o(a)

a) dobro do comprimento do fio.
b) metade do comprimento do fio.
c) metade da área de seção reta do fio.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

d) o quádruplo da área de seção reta do fio.

e) quarta parte da área de seção reta do fio

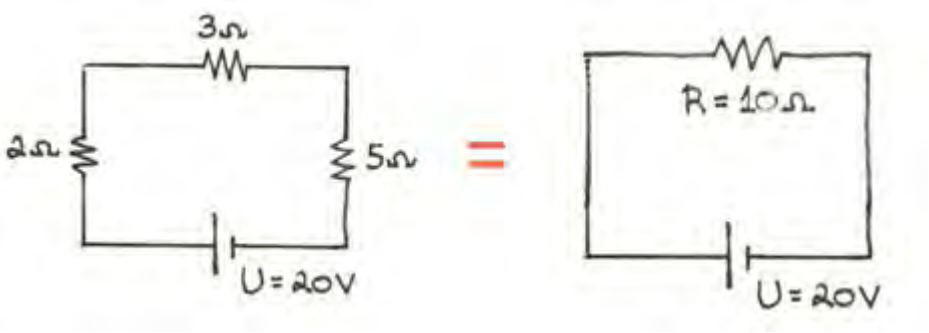
Correta: E
Resolução em:
Módulo:
HELD - EXERCÍCIOS NÍVEL HARD DE ELETRODINÂMICA
Lista: HELDEX - Exercícios de Fixação #01

ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Essa parte é muito importante! Praticamente todos os circuitos que vamos estudar possuem resistores. O grande problema é que eles podem estar combinados de diversas formas nos circuitos e cada uma dessas formas possui um modo específico de resolução. Mas não se preocupe! É exatamente essas associações de resistores que vamos estudar agora! Quando terminarmos, você terá total capacidade de resolver todos os exercícios!

ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE

Se liga nesse circuito aqui embaixo, ele mostra exatamente o que é uma associação de resistores em série:



Existem algumas particularidades deste tipo de associação que você precisa saber! Vamos lá! A resistência total no circuito, chamada resistência equivalente,

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \ldots$$

será exatamente igual à soma da resistência de todos resistores existentes no circuito.

Como existe apenas um caminho para a eletricidade percorrer entre os resistores, a corrente elétrica não se divide! Em outras palavras, a intensidade da corrente que passa entre todos os resistores é a mesma! Escrevemos isso matematicamente desta forma:

$$i = i_1 = i_2 = i_3 \ ...$$

Outra coisa fundamental sobre este tipo de associação é que a ddp vai caindo após cada resistor! Ou seja, a ddp fornecida pelo gerador será igual à soma das ddp de todos os resistores.

$$U = U_1 + U_2 + U_3 \ ...$$

Como veremos adiante, a potência dissipada por um resistor é dada pela seguinte equação, então:

$$P = Ri^2$$

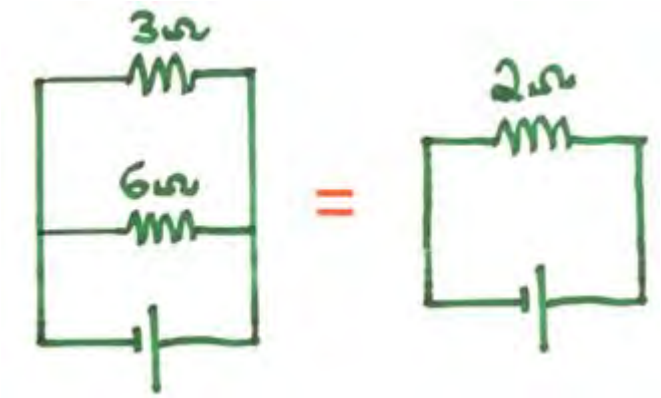
Facilmente conseguimos perceber que o resistor de maior resistência também é o que dissipa maior potência!

Dica salvadora! Evita-se instalar elementos em série, pois, se a corrente for interrompida, todos deixarão de funcionar. Quanto maior o número de resistores, MAIOR será a resistência equivalente e menor será a corrente que passa no circuito!

ASSOCIAÇÃO EM PARALELO

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Este tipo de associação é muito fácil de identificar, pois é bem diferente da outra. Se liga!



Aqui acontece algo bem diferente! A resistência equivalente é o inverso da soma dos inversos das resistências de todos resistores existentes no circuito. Complicado, não é? Não se preocupe, essa expressão matemática diz exatamente a mesma coisa de um modo mais fácil!

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \ \ldots$$

Neste tipo de circuito existe mais de um caminho para a eletricidade percorrer! Sendo assim, a corrente elétrica se divide entre os resistores! Em outras palavras, a intensidade da corrente fornecida pelo gerador será igual à soma das correntes que atravessam todos os resistores.

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \ \ldots$$

Como você já pode estar imaginando, nestes circuitos todos os resistores em paralelo estão submetidos a uma mesma ddp!

$$U = U_1 = U_2 = U_3 \ \ldots$$

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Você deve estar imaginando que, como a fórmula da potência dissipada é a mesma, novamente o resistor de maior potência dissipará maior energia, certo? Não! Aqui acontece algo diferente! Apesar da resistência ser maior, a corrente que passa por ele é a menor!

$$P = Ri^2$$

Como você pode notar pela fórmula, a potência dissipada está relacionada com o quadrado da corrente. Justamente por essa relação é que, quando conectados em paralelo, o resistor com menor resistência dissipa maior potência!

Muito importante! A resistência equivalente é menor do que a menor resistência da associação. Quanto maior o número de resistores em paralelo, MENOR será a resistência equivalente e maior será a corrente que passa no circuito.

E aí, tudo tranquilo com os dois tipos de associação de resistores? Temos dois exercícios para você fazer o teste:

Exercício 10: Imagine um circuito com dois resistores associados em série. A resistência total é de 10 ohms. Sabendo que a resistência de um deles é de 7 ohms, qual a resistência do outro?

a) 1 ohm
b) 2 ohms
c) 3 ohms
d) 4 ohms
e) 5 ohms

Correta: C
Resolução em:
Módulo: ASRE - ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES
Lista: ASRE04EX - Exercícios Compreensão #01

Exercício 11: Em um circuito com 2 resistores associados em paralelo, qual é a resistência total, sabendo que um resistor tem 2 ohm e o outro 4 ohm?

a) 1/3 ohms
b) 2/3 ohms
c) 1 ohm
d) 4/3 ohms
e) 5/3 ohms

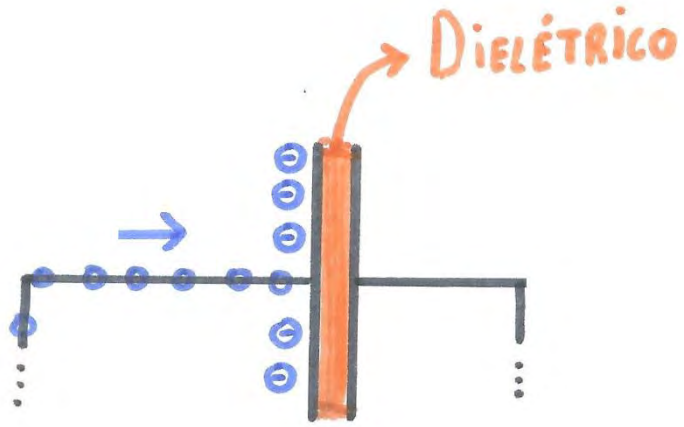
Correta: C
Resolução em:
Módulo: ASRE - ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES
Lista: ASRE04EX - Exercícios Compreensão #02

CAPACITORES

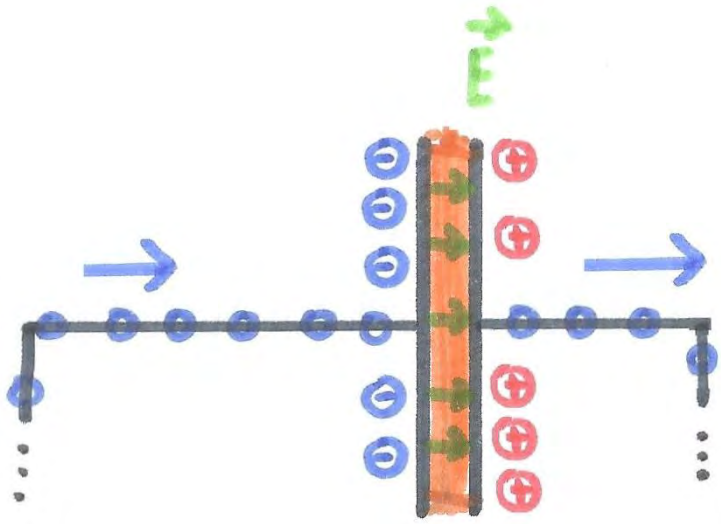
Com certeza o flash da câmera já lhe salvou quando você precisou tirar uma foto no escuro, não é? Mas alguma vez você pensou em como essa salvadora invenção funciona? Não, né? Pois então, para entendermos o funcionamento do flash, devemos primeiro entender o que são capacitores! Faremos exatamente isso agora!

Os capacitores surgiram da necessidade do armazenamento de energia elétrica para usos futuros dentro de circuitos. Eles são compostos basicamente por placas metálicas muito próximas umas das outras e separadas por um material isolante chamado de dielétrico. Como essas placas estão conectadas no circuito, nelas ocorre um acúmulo de cargas elétricas. As placas não estão em contato entre si, então podemos ter a certeza de que os elétrons não passam de uma placa para outra. Assim, ocorre o acúmulo de elétrons na placa que está em contato com a corrente elétrica.

 | Todos os direitos reservados © 2018.



Entre as placas metálicas acontece uma eletrização por indução – lembra o que é isso? Cargas positivas são acumuladas na placa contrária onde há o acúmulo de elétrons. Agora, como há cargas de sinais opostos em cada uma das placas, um campo elétrico surge dentro do material que existe entre elas; e é justamente através desse campo elétrico que o capacitor armazena energia.



CAPACITÂNCIA

Chamamos de capacitância (C) a relação que existe entre a quantidade de carga armazenada pelo capacitor (Q) e a diferença de potencial (V) a que suas placas estão submetidas. Expressamos essa relação matematicamente da seguinte forma:

 | Todos os direitos reservados © 2018.

$$C = \frac{Q}{V}$$

Também existe outra maneira de encontrarmos a capacitância de um capacitor. Assim como a resistência nos resistores, a capacitância (C) depende das características geométricas do capacitor – mais especificamente da área das placas metálicas (A) e da espessura (d) do material dielétrico contido entre elas.

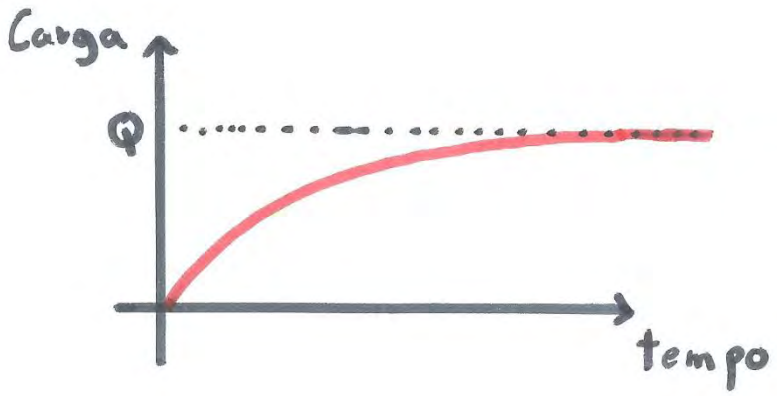
$$C = \frac{k\epsilon_0 A}{d}$$

Os outros dois termos que aparecem nesta expressão são constantes que dependem do meio em que o capacitor está inserido. Mas isso não será muito importante! O principal que você precisa lembrar é da relação que existe entre a capacitância e as propriedades geométricas do capacitor.

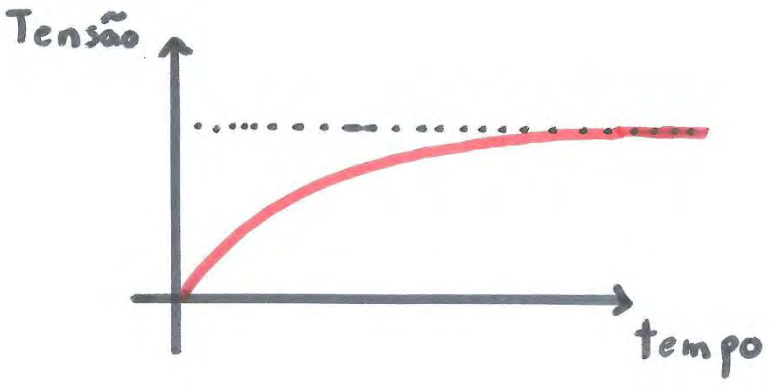
No S.I., a unidade de capacitância é o farad (F). Entretanto, por um farad ser um valor muito grande, na prática sempre utilizaremos prefixos antes dessa medida, como, por exemplo, microfarads (μF), nanofarads (nF) ou picofarads (pF).

CARGA E DESCARGA DE CAPACITORES

Uma informação muito importante que devemos conhecer é como acontece a acúmulo e a descarga das cargas elétricas nos capacitores. Antes de fecharmos a chave do circuito, é lógico que as cargas armazenadas no capacitor são zero, certo? Exatamente isso! Mas o que acontece depois que a chave do circuito foi fechada? Instantaneamente começa a surgir um acúmulo de cargas muito rápido. Entretanto, conforme o tempo passa e as cargas se concentram na placa do capacitor, a velocidade de acúmulo delas vai diminuindo até simplesmente o número de cargas se manter praticamente constante. Esse processo é mostrado pelo seguinte gráfico:

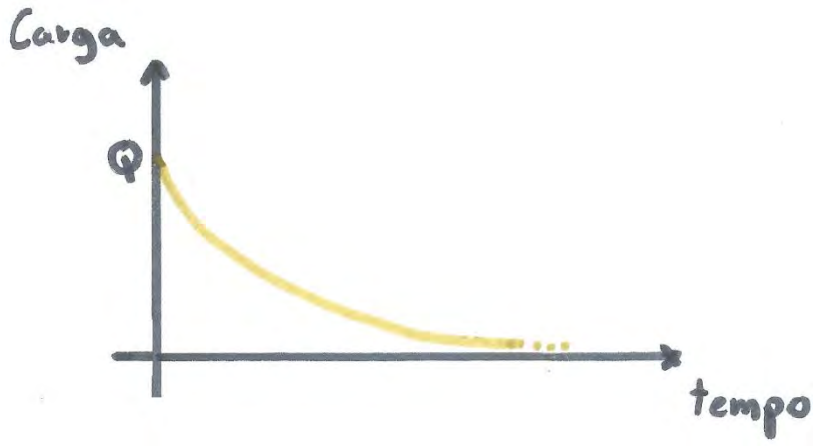


Mas agora você pode estar se perguntando: e com a tensão, o que acontece? Exatamente a mesma coisa que acontece com as cargas! Assim que a chave do circuito é fechada, ocorre um aumento brusco na tensão entre as placas do capacitor e, com o tempo, ela vai se estabilizando. Perceba que os gráficos do aumento de tensão e do aumento de carga são praticamente iguais!



E a descarga de um capacitor, como acontece? Assim que as cargas são liberadas, elas saem do capacitor e vão para o circuito de uma forma muito rápida! Se liga no gráfico abaixo, ele representa exatamente como ocorre esse processo de descarga.

 | Todos os direitos reservados © 2018.



E finalmente podemos entender porque os capacitores são utilizados nos flashes das câmeras. Na hora de gerar o "clarão" para iluminar as fotos é necessário que todas as cargas sejam liberadas quase de maneira instantânea.

Muito importante! Não há mais fluxo de carga quando o capacitor está totalmente carregado ou descarregado, de forma que não há corrente saindo ou entrando do capacitor; ele funciona como se o circuito estivesse aberto.

ENERGIA ARMAZENADA NOS CAPACITORES

Que os capacitores são dispositivos que armazenam energia nós já sabemos. Mas, afinal, como podemos saber quanta energia está armazenada em um capacitor? Podemos encontrar esse valor através da quantidade de cargas armazenadas e da voltagem à que as placas do capacitor estão submetidas. Lembra da equação da capacitância que vimos anteriormente?

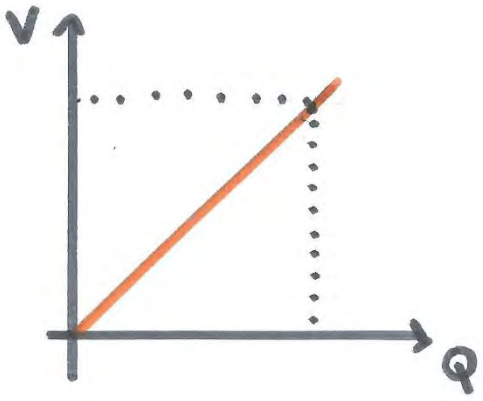
$$C = \frac{Q}{V}$$

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Como a capacitância de um capacitor é constante, podemos utilizar essa equação para encontrar a relação entre a carga e a tensão no capacitor.

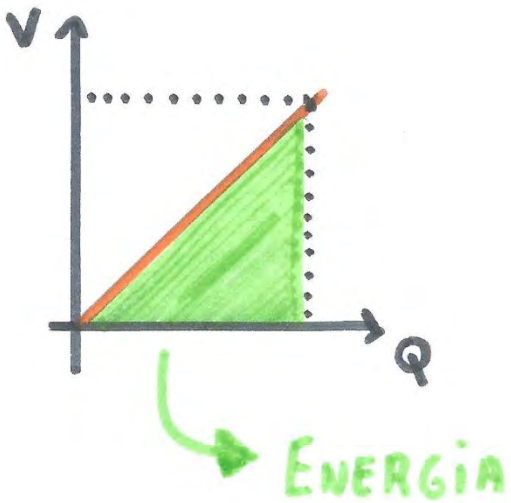
$$V = \frac{Q}{C}$$

Essa equação nos diz que a tensão entre as placas de um capacitor é diretamente proporcional à quantidade de carga que ele armazena. Podemos representar isso de maneira gráfica da seguinte forma:



E aqui entra a grande jogada! A energia armazenada no capacitor será numericamente igual à área que está entre o gráfico e o eixo horizontal, exatamente como representado abaixo:

 | Todos os direitos reservados © 2018.



Calculando a área desse triangulo em verde, sempre vamos encontrar a seguinte expressão:

$$E = \frac{QV}{2}$$

Mas não é só isso; também podemos substituir a carga (Q) ou a tensão (V) utilizando aquela equação da capacitância para encontrar dois outros formatos para a expressão da energia em um capacitor:

$$E = \frac{Q^2}{2C} \qquad E = \frac{CV^2}{2}$$

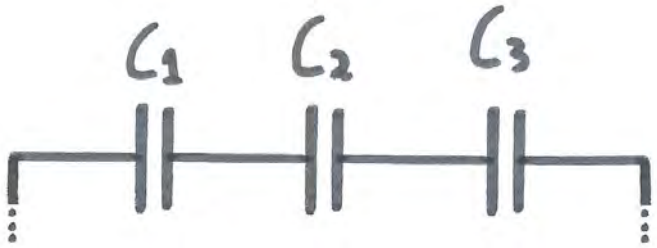
 Todos os direitos reservados © 2018.

ASSOCIAÇÃO DE CAPACITORES

Assim como nos resistores, também podemos combinar a posição dos capacitores para obtermos circuitos com características específicas. Por exemplo: iremos aumentar a capacitância do circuito associando capacitores em paralelo; diminuiremos a tensão nos terminais de todos os capacitores do circuito associando capacitores em série, aumentando, assim, a durabilidade deles. Vamos estudar exatamente os detalhes dessas duas combinações agora.

ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE

Podemos distinguir que capacitores estão conectados em série quando eles estão colocados lado a lado no circuito, como mostrado abaixo:



Quando os capacitores são ligados desta maneira, a carga da associação é igual para todos. Sabendo disso e conhecendo a capacitância de cada um, podemos utilizar aquela equação que vimos lá no início do capítulo para encontrar a tensão entre as placas de cada capacitor.

$$V = \frac{Q}{C}$$

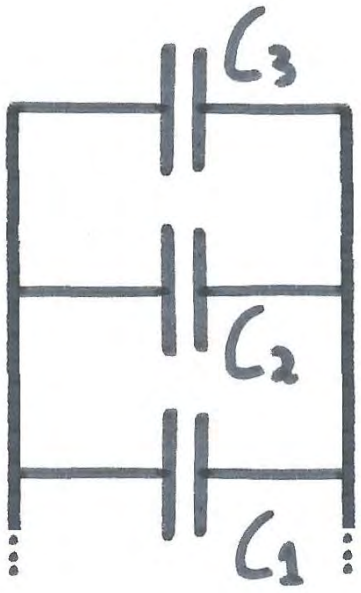
A capacitância que o circuito passará a ter será igual ao inverso da soma dos inversos das capacitâncias de todos capacitores existentes no circuito. Exatamente o mesmo cálculo para encontrar a resistência equivalente dos circuitos com resistores em paralelo, lembra?

 | Todos os direitos reservados © 2018.

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \ \ldots$$

ASSOCIAÇÃO EM PARALELO

Quando os capacitores são ligados em paralelo, a ddp da associação é a mesma para todos os capacitores.



Podemos utilizar novamente aquela equação, a diferença agora é que conhecemos a capacitância e a tensão entre as placas de cada capacitor e queremos encontrar qual é o valor da carga em cada um deles.

$$Q = C.V$$

A capacitância que o circuito passará a ter será igual a soma das capacitâncias de todos capacitores existentes no circuito. Exatamente a mesma

 | Todos os direitos reservados © 2018.

coisa que acontecia com a resistência equivalente de um circuito com resistores em paralelo!

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 \ ...$$

Temos mais dois exercícios para você praticar o que aprendeu sobre capacitores:

Exercício 12: Leia as afirmações sobre o uso de capacitores em fontes de corrente alternada:

I – a corrente flui através do capacitor, adiantada em relação à tensão;

II – a corrente flui através do capacitor, atrasada em relação à tensão;

III – O capacitor impede completamente a passagem de corrente, pois sua reatância capacitiva é sempre muito elevada.

Quais alternativas apresentam afirmações corretas?

a) I, II e III
b) I
c) II
d) III
e) I e III

Correta: B
Resolução em:
Módulo: CAPC - CAPACITORES
Lista: CAPC04EX - Exercícios de Compreensão - Capacitores I#03

Exercício 13: Quando falamos de capacitores, uma função dentro dos circuitos é lembrada e o caso do flash de uma máquina fotográfica é

citado como exemplo de como utilizar essa função. De qual função estamos tratando?

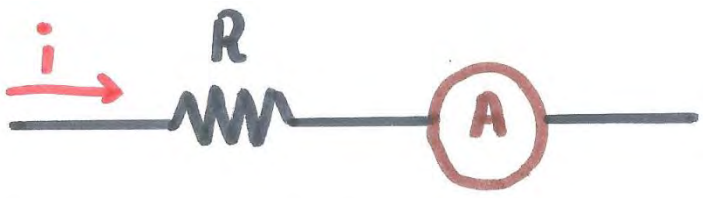
a) Sumidouro de cargas elétricas
b) Armazenamento de cargas
c) Transformação de tensão
d) Funcionamento como chave em um circuito elétrico
e) Determinação de sentido de corrente em um circuito elétrico

Correta: B
Resolução em:
Módulo: CAPC - CAPACITORES
Lista: CAPC02EX - Exercícios de Compreensão - Capacitores I #01

COMPONENTES DE CIRCUITOS RESIDENCIAIS

AMPERÍMETRO

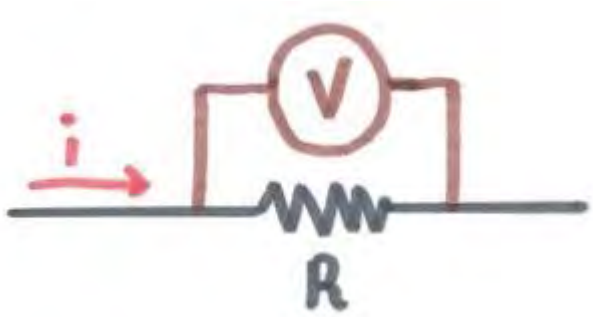
Amperímetro é um aparelho utilizado para medir a intensidade da corrente elétrica que passa por um resistor. Mas como essa medição será precisa? A corrente não irá se alterar ao colocarmos outro elemento no circuito? Não! Essa é a grande jogada do amperímetro, ele possui uma resistência interna muito, muito pequena, evitando que haja interferência sobre a corrente do circuito. Outro fato muito importante, que você precisa lembrar, é que ele sempre deve ser instalado em série com o trecho do circuito cuja corrente se deseja medir.



 Todos os direitos reservados © 2018.

VOLTÍMETRO

Se amperímetro era para medir corrente, voltímetro obviamente é para medir voltagem, todos concordam? É isso aí, ele é um aparelho utilizado para medir a voltagem entre dois pontos do circuito. O caso mais comum de utilização de voltímetro é para descobrir a queda de tensão que ocorreu entre os terminais de um resistor! Novamente: "mas como esse elemento não irá alterar o circuito?". Simples: ao contrário do amperímetro, o voltímetro possui uma resistência interna muito, muito elevada, evitando que passe corrente por ele! Ainda em oposição ao amperímetro, o voltímetro deve ser instalado sempre em paralelo ao trecho do circuito cuja voltagem se deseja medir.



FUSÍVEL

Muito provavelmente você já escutou seus pais falando para você desligar o computador e outros equipamento elétricos durante um dia de tempestade, não é? Mas por que eles dizem isso? Para evitar que esses aparelhos queimem, concorda? Mas espera aí, será que com toda a tecnologia que existe ainda não encontramos um meio de evitar que as coisas queimem? Claro que sim! O fusível é justamente um desses meios!

Os fusíveis conectados em série no início dos circuitos são projetados para impedir que uma corrente elétrica maior que a suportada passe por eles e queime os equipamentos elétricos. Essa proteção é feita utilizando o Efeito Joule. Você já vai entender exatamente como isso funciona!

Um fusível é basicamente um fio feito de uma liga metálica com baixo ponto de fusão, normalmente o chumbo. Quando a intensidade da corrente elétrica

 | Todos os direitos reservados © 2018.

ultrapassa o limite do fusível, essa liga se esquenta e se funde, impedindo a passagem de corrente elétrica. Simples, não é?

Se o fusível se funde e se rompe, é meio lógico que não teremos como reaproveitá-lo, certo? Exatamente isso! Os fusíveis precisam ser substituídos cada vez que acontece uma sobrecarga!

DISJUNTOR

O disjuntor é um equipamento de segurança que possui basicamente a mesma função do fusível: impedir que uma corrente elétrica muito elevada entre no circuito. Entretanto, o disjuntor possui uma grande vantagem que o torna muito mais viável para utilização nas casas: ele não precisa ser substituído cada vez que acontece uma sobrecarga elétrica. Vamos entender o funcionamento dele agora!

O disjuntor é feito por um interruptor simples conectado a uma lâmina composta por dois metais. Quando essa lâmina esquenta, ela se dilata e abre o circuito, impedindo que a corrente elétrica passe. Vamos estudar em detalhes o funcionamento dessa lâmina bimetálica lá na nossa apostila de Termometria; aqui você só precisa lembrar da finalidade geral dos disjuntores.

Agora é sua vez de praticar. Aproveite estes exercícios para testar o seu conhecimento sobre fusíveis e disjuntores.

Exercício 14: O fusível e o disjuntor são dispositivos que atuam de forma a _____, pois assim controlam um circuito impondo um limite. Em um circuito com uma diferença de potencial de 100 voltz e um resistor de 10 Ω, qual o valor da corrente? Podemos usar um fusível de 8 A?

a) cortar a corrente – 10 A - Sim

b) facilitar a passagem da corrente – 10 A - Sim

c) cortar a corrente - 5 A - Sim

d) Cortar a corrente - 10 A - Não

e) facilitar a passagem da corrente - 100 A - Não

 Todos os direitos reservados © 2018.

Correta: D
Resolução em:
Módulo: CIRR - CIRCUITOS RESIDENCIAIS - FUSÍVEL, DISJUNTOR E INSTRUMENTOS DE MEDIDA
Lista: CIRR04EX - Exercícios de Compreensão #01

ENERGIA ELÉTRICA FORNECIDA E CONSUMIDA E POTÊNCIA

Já pensou de onde vem a energia que acende as lâmpadas? Alguma coisa deve fornecer energia ao circuito ao qual elas estão ligadas, certo? Isso mesmo! E sabe quem é responsável por isso? O gerador! Funciona assim: o gerador fornece energia à corrente elétrica; essa energia fornecida é dada pela diferença de potencial produzida pelo gerador. Em termos práticos, se a ddp da bateria é 12V, isso significa que cada coulomb de carga que passa ali recebe 12 joules de energia!

Da mesma maneira que o gerador fornece energia ao sistema, a lâmpada – ou qualquer outro dispositivo que dissipa energia – reduz a energia das cargas conforme a corrente passa por eles. A energia dissipada por unidade de carga no resistor é a queda de potencial que acontece através dele.

A potência do elemento representa a energia gasta ou fornecida pelo aparelho a cada unidade de tempo e é calculada pela seguinte equação:

$$Pot = Ui$$

Em que (U) é a ddp e (i) a corrente no dispositivo. A unidade de potência no Sistema Internacional é o Watt [W]. Também é importante lembrar que um watt equivale a um joule por segundo [W = J/s]. Portanto, para calcular a energia, podemos usar a seguinte equação:

$$E = Pot.\Delta t$$

Conhecimentos gerais! Veremos a seguir que a unidade joule não é utilizada no cálculo da nossa conta de luz, mas uma unidade bem estranha chamada de Quilowatt-hora. Assim, é importante que você conheça a conversão entre essas duas unidades. 1 kWh equivale a 3,6x106 J!

 | Todos os direitos reservados © 2018.

ELETRODINÂMICA NA PRÁTICA: NOSSA CONTA DE LUZ

Uma das aplicações práticas de tudo que estudamos nesta apostila é o cálculo do valor da nossa conta de luz. Finalmente vamos entender como é feito o cálculo daquele valor que recebemos no final do mês.

A primeira coisa que precisamos observar é que as companhias elétricas utilizam uma medida meio estranha para os cálculos, o Quilowatt-hora. Essa unidade de energia surge basicamente da multiplicação da potência de um aparelho [Watt] pelo tempo que esse aparelho ficou em uso [horas]. Depois que soubermos a potência e o tempo que cada aparelho foi utilizado, basta utilizarmos uma conhecida equação para encontrar a quantidade de energia consumida:

$$E = Pot.\Delta t$$

Para chegarmos no valor final da conta de luz, precisamos descobrir qual o valor que a nossa companhia elétrica cobra para cada kWh consumido. Esse valor está especificado na conta de luz e depende de várias coisas, como a época do ano e a região do país. Por exemplo: vamos supor que a companhia elétrica da sua cidade cobre R$ 0,48 por kWh e que você tenha consumido 220 kWh durante o mês de junho. A conta de energia referente a esse mês será a seguinte:

$$C = 220 \ x \ 0{,}58$$

$$C = R\$127{,}60$$

Vale observar! Se fosse só isso, seria ótimo! Na nossa conta de luz ainda são cobrados vários impostos e uma pequena parte dos gastos com a iluminação pública de nossa cidade, aumentando muito o preço final. Qualquer dúvida que surgir sobre isso, vale a pena dar uma olhada no site da Aneel, responsável pelo controle das empresas de energia no Brasil! Lá, você irá obter todas informações necessárias para o cálculo final do seu consumo de energia elétrica.

Agora é sua vez de fazer os cálculos. Temos alguns exercícios para você praticar o que nós estudamos:

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Exercício 15: Em uma época de intenso calor, um aparelho de ar-condicionado com potência de 1500 W ficou ligado por mais tempo, chegando à marca mensal de consumo igual a 7500 W.h. Determine por quanto tempo esse aparelho ficou ligado por dia.

a) 2 h
b) 4 h
c) 5 h
d) 6 h
e) 7,5 h

Correta: C
Resolução em:
Módulo: CIRA - CIRCUITOS ELÉTRICOS I (ELEMENTOS, POTÊNCIA E ENERGIA)
Lista: CIRA04EX - Exercícios de Compreensão #02

Exercício 16: Uma secadora de roupas de 2000W de potência está ligada em uma rede de 110V. Sabemos que cada kWh custa R$ 0,50 e que demora 2,5 h para que a secadora acabe seu serviço e desligue.

Quanto, em reais, a secadora consome?

a) R$ 1,0
b) R$ 1,5
c) R$ 2,0
d) R$ 2,5
e) R$ 3,0

Correta: D
Resolução em:
Módulo: CIRA - CIRCUITOS ELÉTRICOS I (ELEMENTOS, POTÊNCIA E ENERGIA)
Lista: CIRA06EX - Exercícios de Compreensão #02

 Todos os direitos reservados © 2018.

Exercício 17: Um chuveiro elétrico de 220V dissipa uma potência de 2,2 kW. Qual será o custo de um banho de 10 min de duração se a tarifa é de R$ 0,50 por kWh?

a) R$ 0,10
b) R$ 0,18
c) R$ 0,20
d) R$ 0,23
e) R$ 0,30

Correta: B
Resolução em:
Módulo: EELD - EXERCÍCIOS DE ELETRODINÂMICA
Lista: EELDEX - Exercícios de Fixação #02

 | Todos os direitos reservados © 2018.

CONCLUSÃO

E aí, galera! Espero que vocês tenham curtido estudar a Eletrodinâmica! Agora que terminamos esta apostila, vocês já estão prontos para resolver e analisar circuitos! Irado, né? Com um pouco de simplificação e lembrando que as lâmpadas são resistores, já podemos entender como funcionam os circuitos que iluminam nossas casas!

Na próxima apostila estudaremos a relação entre a eletricidade e o magnetismo, o Eletromagnetismo! Não esqueça de praticar o que foi aprendido aqui, pois isso é fundamental para o seu aprendizado!

 | Todos os direitos reservados © 2018.

PARTE II

FÍSICA

03

ELETROMAGNETISMO

meSalva!

ELETROMAGNETISMO

E aí, galera do Me Salva!

Vocês sabem como os portugueses conseguiram chegar até o Brasil? Opa, espera aí! Isso não deveria ser uma apostila de Física? E é exatamente isso! Mas acontece que eles só conseguiram chegar até nosso país através da Física! Vocês já ouviram falar da bússola e como ela é usada, certo? Pois então, sem a utilização de bússolas, a esquadra portuguesa jamais teria tido sucesso nas navegações e chegado, então, à região que hoje chamamos de Brasil – e isso tem tudo a ver com a Física! A bússola é uma aplicação direta de um fenômeno eletromagnético! Em termos práticos, a Terra funciona como um ímã gigante e o ponteiro da bússola se orienta conforme os polos do nosso planeta.

Isso não acaba por aqui! Você pode ler sobre a bússola e pensar que o eletromagnetismo só está envolvido com tecnologia antiga, certo? Errado! Sabe esse aparelhinho que está aí no seu bolso? O seu celular? Ele só funciona graças à existência das ondas eletromagnéticas! Toda informação que você envia só chega até outra pessoa através de fenômenos eletromagnéticos!

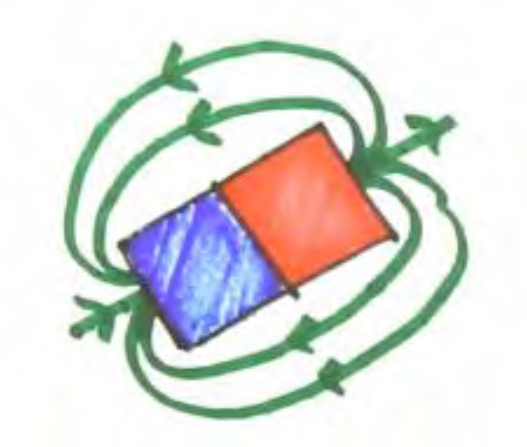
O que iremos estudar nesta apostila vai possibilitar entender como tudo isso funciona. Tenho certeza que, ao final deste estudo, você também estará fascinado pelo eletromagnetismo, especialmente pelas aplicações dele em nosso dia a dia, como no seu forno micro-ondas ou na rede de comunicação mundial!

 | Todos os direitos reservados © 2018.

PRINCÍPIOS DOS ÍMÃS

Tenho certeza que você já teve a experiência de brincar com ímãs quando era criança, não é? Mas você já percebeu o quão fascinante eles são? É incrível como dois ímãs conseguem se repelir ou se atrair sem mesmo se encostar! Mais incrível ainda é que eles fazem isso mesmo se colocarmos nossa mão entre eles. Mas como isso pode acontecer? Só pode ser mágica, certo? Claro que não, é Física!

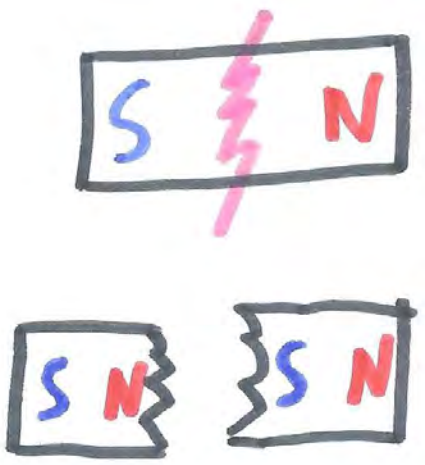
Existe uma força entre os ímãs que pode ser de atração ou de repulsão. Essa força é chamada de força magnética e funciona de forma muito parecida com as forças elétricas. A diferença é que aqui existem pólos magnéticos ao invés de cargas elétricas. Cada ímã possui, necessariamente, dois polos, um Norte e um Sul, responsáveis pela origem das forças magnéticas.



Estes polos interagem exatamente como as cargas elétricas – lembra delas? Basta pensarmos em Norte e Sul ao invés de positivo e negativo. Aqui polos de mesmo nome se repelem e de nomes diferentes se atraem.

Outro princípio muito importante e incrível dos ímãs é a inseparabilidade dos polos. Ao contrário do que acontece com as cargas elétricas, que são negativas ou positivas, um mesmo ímã é composto por um polo Norte e um polo Sul, assim, ao dividirmos um ímã ao meio, não teremos um Norte separado de um Sul; obteremos dois novos ímãs, cada um com um polo Norte e um polo Sul, exatamente como a imagem abaixo mostra.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

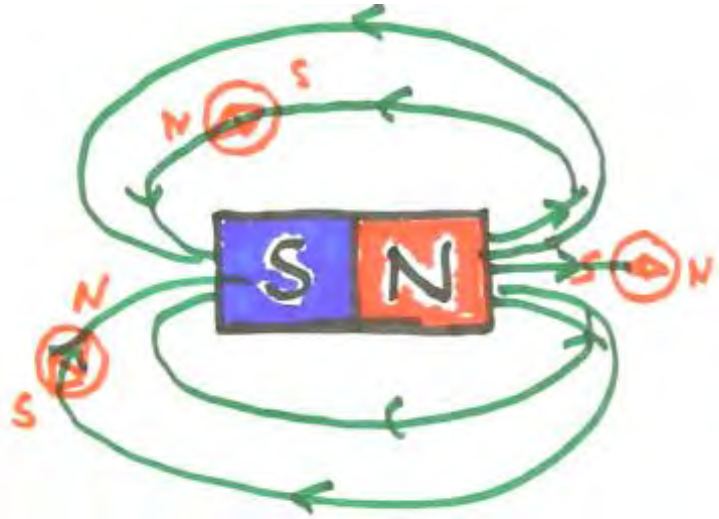


CAMPO MAGNÉTICO

Vamos usar novamente a Eletrostática para nos ajudar! Lembra do Campo Elétrico que existe em volta de uma carga elétrica? Aqui existe algo parecido em volta dos ímãs, é o Campo Magnético. Você já deve ter percebido que o magnetismo está intimamente ligado à eletricidade, certo? É isso mesmo, inclusive existe uma relação direta entre o Campo Elétrico e o Magnético. Estudaremos isso mais adiante!

A atração e repulsão dos ímãs está diretamente relacionada ao Campo Magnético! Dessa forma, podemos caracterizar este conceito como uma influência magnética ao longo do espaço e podemos associar um vetor campo magnético a cada ponto do espaço, cuja direção e sentido representam a orientação de uma bússola colocada naquele ponto e cujo módulo representa o quão intensa é a influência magnética nele.

 | Todos os direitos reservados © 2018.



LINHAS DE CAMPO EM UM ÍMÃ

Ao contrário das linhas de Campo Elétrico, que podem se estender para longe das cargas, as linhas de Campo Magnético circundam os ímãs e são sempre fechadas. Não existe início nem final; a direção dessas linhas depende da localização que estamos analisando. Quando tratamos do exterior de um ímã, a orientação das linhas se dá do polo Norte para o polo Sul. Você pode observar isso na imagem anterior! Já em seu interior ocorre justamente o contrário, a orientação é do polo Sul para o polo norte.

REPRESENTAÇÃO DO CAMPO

Quando estivermos analisando problemas envolvendo Campos Magnéticos, será muito comum encontrarmos situações em que a direção do campo é perpendicular ao plano da página, ou seja, a direção do campo estará entrando no papel. Assim, precisamos de uma representação que nos indique se o campo está direcionado para dentro ou para fora da página. Existe uma convenção para esta representação; a jogada é imaginar o campo como sendo uma flecha. “Uma flecha?” Isso mesmo, aquelas com penas na ponta, comuns em desenhos animados! Quando o Campo estiver entrando na página, veremos a parte traseira da flecha, ou seja, as penas em formato de “x”. Já quando o campo estiver saindo da página, veremos apenas um ponto, a parte frontal da flecha. Se liga na representação abaixo, ela mostra exatamente isso!

 | Todos os direitos reservados © 2018.

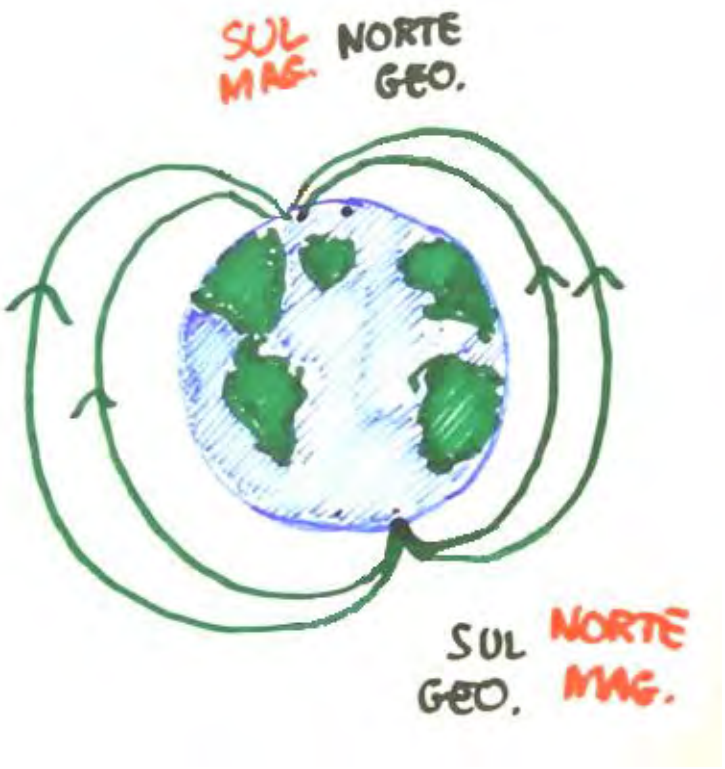
Dicas importantes! No desenho do campo magnético, o sentido das linhas representa a orientação que uma bússola teria naquele local. Além disso, quanto mais próximas estiverem as linhas, mais intenso será o campo naquele ponto.

MAGNETISMO DA TERRA

Lembra do início da nossa apostila, quando relacionamos a chegada dos portugueses no Brasil à Física? É justamente aqui que entenderemos isso. É o magnetismo da Terra que faz os ímãs funcionarem. Como todos sabemos, um ímã tende a se orientar apontando o seu polo Norte para o Norte geográfico da Terra e o seu polo Sul para o Pólo Sul geográfico. Mas espera aí, isso pode parecer confuso. Não havíamos estudado que polos de mesmo nome se atraem e polos de nomes contrários se repelem? Claro que sim. Isso é sempre verdade. O que podemos concluir é que a região Norte da Terra corresponde a um polo Sul Magnético, e a região Sul da Terra corresponde ao polo Norte Magnético da mesma.

Que estranho! Quer dizer que a Terra é um ímã gigante? Isso mesmo! A origem mais provável do campo magnético da Terra está nas rochas derretidas que existem no seu núcleo. Íons carregados ou elétrons circulando no interior líquido do planeta podem produzir um campo magnético da mesma maneira que a corrente elétrica em um fio, como estudaremos mais adiante.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

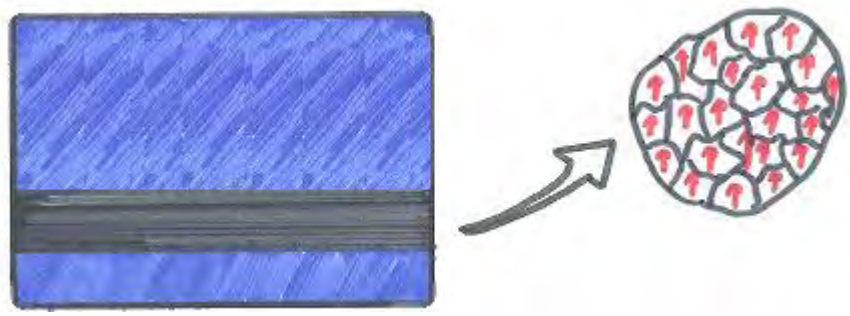


Conhecimentos Gerais! Amostras antigas de rochas terrestres apontam, através da orientação das partículas de ferro em seu interior, que o campo magnético da Terra já inverteu sua orientação diversas vezes ao longo da história do planeta.

MAGNETISMO DA MATÉRIA

Cartões de crédito são muito comuns em nosso cotidiano e certamente você já teve contato com um, não é? E se eu falar que eles funcionam graças à Física, você acreditaria? Vamos entender isso: a película magnética de um cartão de crédito (aquela barrinha preta!) contém milhões de minúsculos domínios magnéticos que são mantidos juntos por uma resina colante; os dados são codificados com códigos binários, composto por zeros, e uns diferenciados pela frequência de inversão dos domínios magnéticos.

 | Todos os direitos reservados © 2018.



Agora você pode estar se perguntando: “mas o que é um domínio magnético?”. É a orientação magnética do aglomerado de átomos que formam todos objetos.

Classificamos os materiais em três tipos, de acordo com suas propriedades magnéticas, ou seja, conforme seus domínios magnéticos:

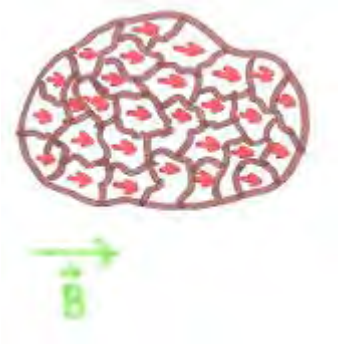
Diamagnéticos: Quando um campo magnético é colocado sobre um material, um pequeno campo magnético se forma no interior do material na direção oposta ao campo aplicado, fazendo com que o material seja fracamente repelido por um ímã. Existem diversos exemplos deste tipo de material, entre eles o mercúrio, ouro, cobre, água, petróleo e a maioria dos compostos orgânicos;

Paramagnéticos: São materiais cujas moléculas apresentam um pequeno campo magnético natural em função da distribuição eletrônica. Como o campo de cada molécula está orientado para uma direção diferente (aleatoriamente), o campo magnético total é nulo. Quando um campo magnético é aplicado sobre o material, ele tende a orientar os dipolos magnéticos de maneira a alinhá-los com o campo, deixando o material levemente magnetizado, de maneira que ele é fracamente atraído pelo ímã. A magnetização é perdida assim que o campo externo é removido

 | Todos os direitos reservados © 2018.

e o efeito é fortemente influenciado pela temperatura. Quanto maior a temperatura, mais difícil é o alinhamento dos dipolos magnéticos. O alumínio e o titânio são exemplos de metais paramagnéticos; o oxigênio, apesar de não ser metal, também é paramagnético;

Ferromagnéticos: Os materiais ferromagnéticos apresentam domínios magnéticos alinhados, ou seja, o campo magnético de suas moléculas apresenta uma única direção. Estes domínios se alinham facilmente com um campo externo, fazendo com que os materiais ferromagnéticos sejam fortemente atraídos por um ímã e o campo magnético total seja intensificado muitas vezes. Os domínios tendem a se manter alinhados mesmo que o campo externo seja removido, isto é, o material se torna um ímã temporário (processo conhecido como imantação). Os domínios magnéticos podem ser desalinhados, ou seja, as propriedades magnéticas do material podem ser perdidas através de pancadas bruscas ou da elevação da temperatura até o Ponto Curie, em que a agitação térmica é grande demais para que os domínios mantenham seu alinhamento. Somente metais são ferromagnéticos; os exemplos mais importantes são ferro, níquel e cobalto.



E aí, já está preparado para alguns exercícios? Aproveite para treinar o que acabamos de estudar!

Exercício 1: Pensando sobre a questão dos polos – magnéticos e geográficos – podemos afirmar que o norte geográfico ___ o norte magnético, pois, como sabemos, uma bússola sobre a superfície da Terra está imersa no campo magnético produzido por esta. Então, quando o norte de um ímã aponta para o norte geográfico, podemos concluir que o norte geográfico é um _____, pois as linhas de campo seguem naquela direção.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Qual a sequência que completa as lacunas corretamente?

a) não é - Norte Magnético

b) é – Sul Magnético

c) é – Norte Magnético

d) não é - Sul Magnético

e) pode ser – Sul Magnético

Correta: D
Resolução em:
Módulo: IELM - Introdução – Ímãs e Campos Magnéticos
Lista: IELM06EX - Exercícios de Compreensão #01

Exercício 2: Considere as afirmações abaixo:

I) Os ímãs naturais atraem todos os tipos de metais;

II) Um polo norte atrai um polo sul;

III) Existem monopolos magnéticos.

Quais afirmações são incorretas?

a) Apenas I

b) Apenas II

c) Apenas III

d) Apenas I e III

e) Todas

Correta: D
Resolução em:
Módulo: IELM - Introdução – Ímãs e Campos Magnéticos
Lista: IELM02EX - Exercícios de Compreensão #01

RELAÇÃO ENTRE MAGNETISMO E ELETRICIDADE

Você já deve ter percebido a forte relação entre o magnetismo e a eletricidade, certo? Pois então, essa relação foi descoberta em 1819, quando o cientista Oersted observou um fenômeno incrível! Durante um experimento, ele deixou uma bússola ao lado de um fio condutor. O que aconteceu foi que, quando ele passou uma corrente elétrica por esse fio, a agulha da bússola passou a se movimentar. Incrível, não é? Essa descoberta deu origem ao estudo da relação entre a eletricidade e o magnetismo – o eletromagnetismo.

Nos anos seguintes, mais conexões foram mostradas entre eletricidade e magnetismo por Michael Faraday, que observou que um campo magnético variável pode criar uma corrente elétrica. Anos mais tarde, Maxwell mostrou que o contrário também é possível: um campo elétrico variável pode produzir um campo magnético.

Vamos entender como essa relação entre magnetismo e eletricidade funciona. Imagine várias bússolas em torno de um fio condutor; quando não há corrente elétrica passando pelo fio, todas as bússolas apontam para a mesma direção, o polo Norte geográfico da Terra. Quando o fio é percorrido por uma corrente elétrica, as bússolas mudam de direção, apontando todas para a direção tangente ao círculo, exatamente a direção das linhas de Campo Magnético criadas pela corrente.

 Todos os direitos reservados © 2018.

FONTES DE CAMPO MAGNÉTICO

CAMPO MAGNÉTICO DE UM FIO RETILÍNEO LONGO

No início desta apostila comentamos que as linhas de campo magnético são fechadas, lembra? Pois então, o que veremos agora é como essas linhas de campo se comportam em torno de um fio muito longo percorrido por uma corrente elétrica. As linhas envolvem esse fio, sendo circunferências centradas nele, como mostrado na figura abaixo.

Mas e qual é o sentido dessas linhas, horário ou anti-horário? Isso depende da direção da corrente elétrica. Mais adiante descobriremos que. na prática, o sentido das linhas magnéticas pode ser obtido através da regra da mão direita.

A intensidade do vetor campo magnético em um ponto P a uma distância d do fio é dada pela seguinte relação:

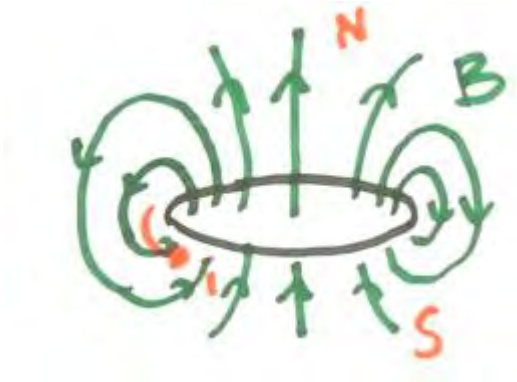
$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi d}$$

Em que B é o vetor campo magnético no ponto P, dado em Teslas [T], e μ0=4π×10-7TmA é uma constante chamada de permeabilidade magnética do vácuo.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

ESPIRA CIRCULAR

Acabamos de estudar que existem linhas de Campo Magnético em volta de um condutor por onde passa uma corrente elétrica, certo? O caso que veremos agora pode ser definido como um caso especial do anterior. Trataremos de um fio enrolado, chamado de espira circular e representado na imagem abaixo:



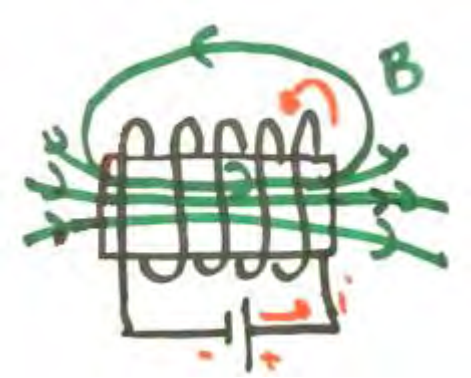
As linhas de campo atravessam o plano da espira de forma perpendicular. Neste tipo de problema normalmente precisaremos calcular a intensidade do campo magnético no centro da espira circular. Tomando R como o raio da espira e i como a corrente que passa por ela, o módulo do vetor Campo Elétrico naquele ponto é calculado por:

$$B = \frac{\mu_0 i}{2R}$$

SOLENOIDE

Esse caso é uma mistura dos dois casos anteriores. Um solenoide é um fio longo enrolado na forma de uma hélice (exatamente como a espiral de caderno!). Quando existe uma corrente elétrica percorrendo este solenoide, podemos dizer que há um campo magnético razoavelmente uniforme no interior dele.

 | Todos os direitos reservados © 2018.



Utilizaremos solenoides ideais em todos os problemas, isto é, que apresentam um comprimento muito maior do que o seu diâmetro. O campo magnético no interior deste tipo de solenoide é dado por:

$$B = \frac{\mu_0 i N}{L}$$

Em que N é o número de voltas (número de espiras ao longo do solenoide) e L é o comprimento dele.

Dica do MeSalva!: Note que a configuração das linhas de campo de um solenoide é similar àquelas de um ímã – isto é, o solenoide percorrido por corrente se comporta como se tivesse um polo Norte e um Sul.

E aí, tudo tranquilo com o conteúdo? Temo três exercícios para você fazer o teste:

Exercício 3: Considere as afirmações abaixo:

I) Nem toda corrente elétrica produz um campo magnético.

II) No experimento de Oersted foi possível concluir que o sentido do campo magnético produzido pelo fio dependia do sentido da corrente.

III) A forma do campo magnético produzido por um fio é um círculo.

Quais afirmações são corretas?

 | Todos os direitos reservados © 2018.

a) Apenas II

b) Apenas III

c) Apenas II e III

d) Apenas I e II

e) Apenas I e III

Correta: C
Resolução em:
Módulo: CMCA - Campo Magnético Gerado por Corrente
Lista: CMCA02EX - Exercícios de Compreensão #01

Exercício 4: Ponderando sobre as afirmações abaixo:

I) Considere um fio extremamente longo no vácuo; quanto maior a corrente, maior será o alcance do campo magnético gerado por esta corrente.

II) O valor do campo magnético em torno de um fio longo no vácuo não depende do meio onde eles estão.

III) A distância não interfere na capacidade do campo magnético produzido por um fio longo que se encontra no vácuo.

Quais afirmações são incorretas?

a) Apenas I

b) Apenas II

c) Apenas III

d) Apenas I e III

e) Apenas II e III

Correta: E
Resolução em:
Módulo: CMCA - Campo Magnético Gerado por Corrente
Lista: CMCA04EX - Exercícios de Compreensão #01

Exercício 5: Um campo magnético produzido no interior de um solenoide é 0,2 Tesla, sendo que este solenoide tem 0,3 m de comprimento e dez mil espiras. Mantendo o mesmo campo magnético, poderíamos diminuir a corrente quatro vezes se aumentássemos quatro vezes o número de espiras? Sendo a constante de permeabilidade magnética do vácuo 4π x 10^-7 T.m/A , qual a corrente no solenoide quando usamos apenas dez mil espiras?

Considere π = 3.

a) Sim – 10 A

b) Não - 10 A

c) Não - 15 A

d) Não - 5 A

e) Sim - 5 A

Correta: D
Resolução em:
Módulo: ECMC - Exercícios e Casos Particulares
Lista: ECMC04EX - Exercícios de Compreensão #02

FORÇA MAGNÉTICA - FORÇA DE LORENTZ

Mais uma vez, relacionaremos o magnetismo com a eletricidade! Imagine uma carga elétrica se movendo em um local onde existe um campo magnético. Pois então, ao se movimentar neste local, a carga sentirá uma força magnética agindo sobre ela. Você lembra das Leis de Newton, mais especificamente da segunda – "Força resultante gera aceleração"? No caso da carga, existirá uma aceleração centrípeta agindo sobre ela, ou seja, a força magnética gerada modificará a direção da velocidade da carga sem alterar o seu módulo.

Vamos analisar mais um pouco desta força. Ela é dependente do valor da carga (q), do módulo da velocidade com que a carga se desloca (v) e da intensidade do Campo Magnético na região que a carga atravessa (B). Além disso, o módulo desta força envolve o ângulo entre os vetores da velocidade v e do campo magnético B.

$$F = B.v.q.sen(\theta)$$

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Sua direção é sempre perpendicular à velocidade e à direção do Campo Magnético no local, gerando a aceleração centrípeta.

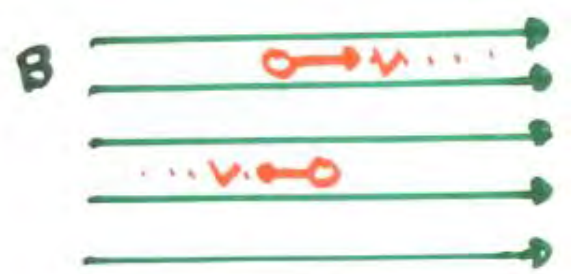
Lembra de quando estudamos as grandezas vetoriais? Discutimos que eram necessários três parâmetros para conhecermos totalmente este tipo de grandeza. Força é uma grandeza vetorial, certo? Aqui já sabemos a direção e o módulo desta força, então nos resta descobrir qual é o sentido dela! Existe uma regra muito fácil para encontrarmos isso, a regra da mão direita.

O modo de utilizar esta regra é muito simples, basta colocar os dedos na direção do Campo Magnético B e colocar o seu dedão na direção da velocidade da carga. No desenho acima está indicado v ou i, pois também podemos utilizar esta regra em problemas envolvendo corrente elétrica. A força magnética nesta carga vai ter o sentido saindo da palma da sua mão, como na direção de um “tapa”.

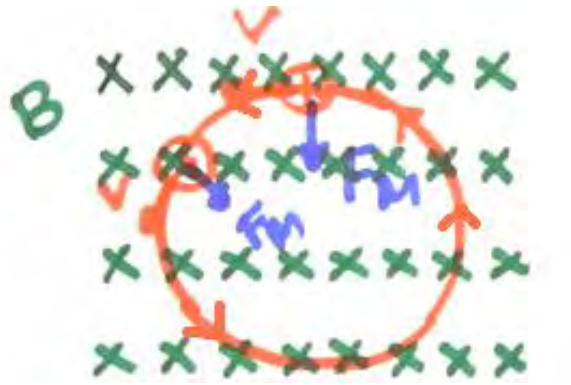
 | Todos os direitos reservados © 2018.

CASOS PARTICULARES

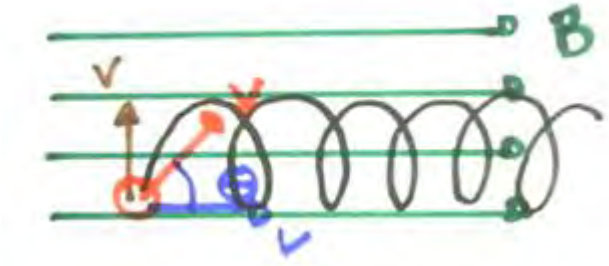
a) Quando a velocidade v é paralela ao campo B, a carga se move em MRU;



b) Quando a velocidade é perpendicular ao campo B, o movimento é circular e uniforme (MCU);



c) Quando a velocidade é oblíqua ao campo, o movimento da carga é helicoidal e uniforme (MHU);



Agora é sua vez de praticar. Aproveite estes exercícios para testar o seu conhecimento sobre a força magnética!

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Exercício 6: Considere as afirmações abaixo:

I) A Força Magnética que atua sobre uma carga sempre será perpendicular ao campo magnético e à velocidade.

II) A Força Magnética altera apenas a direção da velocidade.

III) A Força Magnética atua sobre as cargas em movimento.

Quais afirmações são corretas?

a) Apenas I

b) Apenas II

c) Apenas III

d) Apenas II e III

e) Todas

Correta: E
Resolução em:
Módulo: FMAG - Força magnética (Lorentz)
Lista: FMAG02EX - Exercícios de Compreensão #01

Exercício 7: Considere as afirmações abaixo:

I) Se uma carga movimenta-se paralelamente a um campo magnético, a força magnética sobre ela é diferente de zero;

II) Uma carga que se movimenta perpendicularmente a um campo magnético dá origem a uma força que é perpendicular à velocidade e ao campo magnético.

III) O movimento de uma carga que se desloca paralelamente a um campo magnético é um MRU.

Quais afirmações são corretas?

a) Apenas I

b) Apenas II

c) Apenas III

 | Todos os direitos reservados © 2018.

d) Apenas I e III

e) Apenas II e III

Correta: E
Resolução em:
Módulo: ECFL- Exercícios e casos particulares de força de Lorentz
Lista: ECFL02EX - Exercícios de Compreensão #01

Exercício 8: Considere as afirmações abaixo:

I) No caso de uma partícula carregada estar realizando um MCU, em que a força magnética é a força que a mantém neste tipo de movimento, se aumentarmos a velocidade da partícula o período é menor, pois a partícula fará mais rápido o percurso.

II) No caso de uma partícula carregada estar realizando um MCU, em que a força magnética é a força que a mantém neste tipo de movimento, o período não depende da velocidade.

III) No caso de uma partícula carregada estar realizando um MCU, em que a força magnética é a força que a mantém neste tipo de movimento, quanto maior a massa da partícula carregada, maior será o período, pois a inércia seria maior.

Quais afirmações estão incorretas?

a) Apenas I e II

b) Todas

c) Apenas I

d) Apenas I e III

e) Apenas II e III

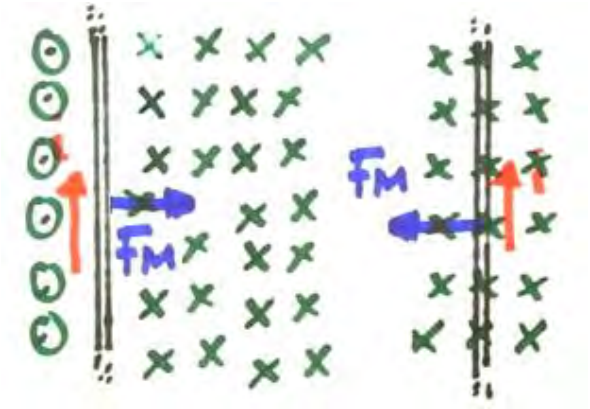
Correta: C
Resolução em:
Módulo: ECFL- Exercícios e casos particulares de força de Lorentz
Lista: ECFL04EX - Exercícios de Compreensão #01

 | Todos os direitos reservados © 2018.

FORÇA ENTRE CONDUTORES RETILÍNEOS

Assim como uma carga elétrica em movimento dentro de um Campo Magnético sofre uma força, quando dois fios condutores são colocados lado a lado eles também sofrem a ação desta mesma força. Mas espera aí, então é necessário que eles estejam inseridos dentro de uma região de Campo Magnético, certo? Não! Lembra que, em torno de fios que conduzem corrente elétrica, surge um Campo Magnéticos? Pois então, quando dois fios são colocados lado a lado, cada um sofre a ação do campo gerado pelo outro.

Vamos começar analisando apenas um condutor. O Campo Magnético externo causado pelo outro fio somado às cargas em movimento dentro do condutor são exatamente àquele caso de uma carga elétrica se movimentando em uma região de Campo Magnético. A diferença é que aqui existem várias cargas se movimentando, de forma que todas estarão sujeitas à ação de uma força magnética.



 Todos os direitos reservados © 2018.

O processo de análise desta força também é dado por uma espécie de regra da mão direita. Se liga na imagem abaixo, ela explica direitinho como encontrar a direção do Campo Magnético em torno de um condutor retilíneo. O módulo desta força é encontrado de forma similar à do caso anterior, a diferença é que o produto carga por velocidade é substituído por corrente (i) pelo comprimento do fio (L).

$$F = B.i.L.sen(\theta)$$

Lembra da terceira Lei de Newton? Aqui temos uma aplicação direta dela! Independente da magnitude das correntes que passam pelos fios, a força que o fio 1 exerce no fio 2 é exatamente igual à força que o fio 2 exerce sobre o fio 1.

Você precisa lembrar! Toda corrente elétrica cria um campo magnético ao redor do fio.

E aí, tudo tranquilo com o conteúdo? Temos dois exercícios para você praticar o que aprendeu sobre a força entre condutores retilíneos!

Exercício 9: Avalie as afirmações abaixo:

I) Dois fios paralelos que têm corrente no mesmo sentido se atraem.

II) As correntes determinam a força com que um fio puxa o outro quando os dois estão paralelos e as correntes no mesmo sentido.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

III) A atração de um fio paralelo a outro, em que ambos têm correntes no mesmo sentido, ocorre devido ao campo magnético que um produz na vizinhança do outro.

Quais afirmações são corretas?

a) Apenas III
b) Apenas II
c) Apenas I e II
d) Apenas I e III
e) Apenas II e III

Correta: C
Resolução em:
Módulo: ECMC- Exercícios e Casos Particulares
Lista: ECMC06EX - Exercícios de Compreensão #01

Exercício 10: Entre dois postes há dois fios paralelos de 10 m cada um; eles estão há 0,5 metros um do outro e um transporta 180 A e o outro 360 A. As correntes têm mesmo sentido. Qual a força de atração entre os dois fios?

Considere a constante de permeabilidade magnética do vácuo $4\pi \times 10^{-7}$ T.m/A.

a) 0,0026 N
b) 26 N
c) 2,6 N
d) 0,026 N
e) 0,26 N

Correta: E
Resolução em:
Módulo: ECMC- Exercícios e Casos Particulares
Lista: ECMC06EX - Exercícios de Compreensão #02

 Todos os direitos reservados © 2018.

INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Lembra quando estudamos que corrente elétrica gera campo magnético? Neste tópico estudaremos justamente a relação inversa! Como um campo magnético pode gerar corrente elétrica! Para isso, vamos começar estudando alguns novos conceitos. Preparados?

FLUXO MAGNÉTICO (Φ)

Nossa primeira reação ao ler "fluxo magnético" é de susto, certo? Se o nome já é complicado, imagina o significado! Que nada! Vamos juntos entender isso!

Imagine que você tem um ímã. Já estudamos que existem linhas de Campo Magnético em torno dos ímãs, lembra? Agora imagine que você coloca um anel (sim, esse mesmo de usar no dedo!) ao lado do polo Norte deste ímã – também poderia ser o Sul! Como as linhas de campo entram neste polo e o anel está próximo dele, existirão linhas de campo passando por dentro do anel, certo? Isto é o fluxo magnético! Ele representa a medida de quanto o campo magnético atravessa uma superfície (neste caso, o anel); em outras palavras, ele mede a quantidade de linhas de campo magnético que passam por dentro desta superfície.

Agora você pode estar pensando: "Como eu vou mensurar essa quantidade de Campo Magnético?" e "Que unidade vou usar para isto?". Não precisa se preocupar, alguém já pensou nisso por nós! A unidade utilizada nesta medida é o weber (Wb).

$$\Phi = B.A.cos(\theta)$$

 Todos os direitos reservados © 2018.

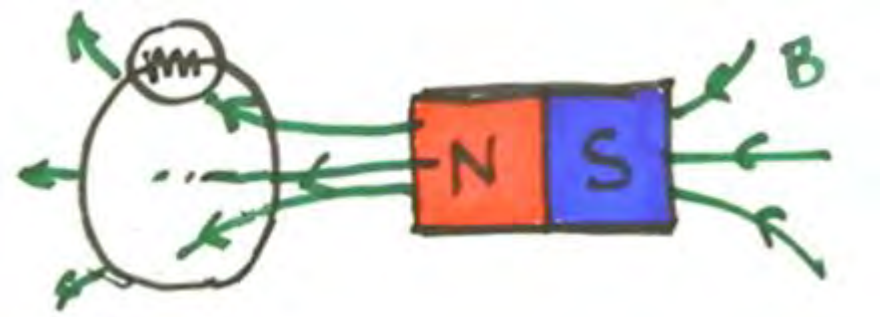
Muito importante! A corrente induzida em um circuito fechado tem seu sentido bem definido: ela se move de modo a originar oposição à mudança do fluxo sob a espira.

FORÇA ELETROMOTRIZ INDUZIDA – LEI DE FARADAY

Por qual motivo estudamos o fluxo magnético? Onde e como iremos utilizar isso? Como é utilizado na "vida real"? Certamente você deve ter se perguntado alguma dessas coisas, não é? Pois então, descobriremos as respostas para todas elas através do estudo da Lei de Faraday!

Essa lei nos diz que, quando o fluxo magnético varia, surge no espaço uma força eletromotriz, originando uma corrente elétrica induzida. Este fenômeno é denominado indução eletromagnética e foi observado inicialmente por Michael Faraday.

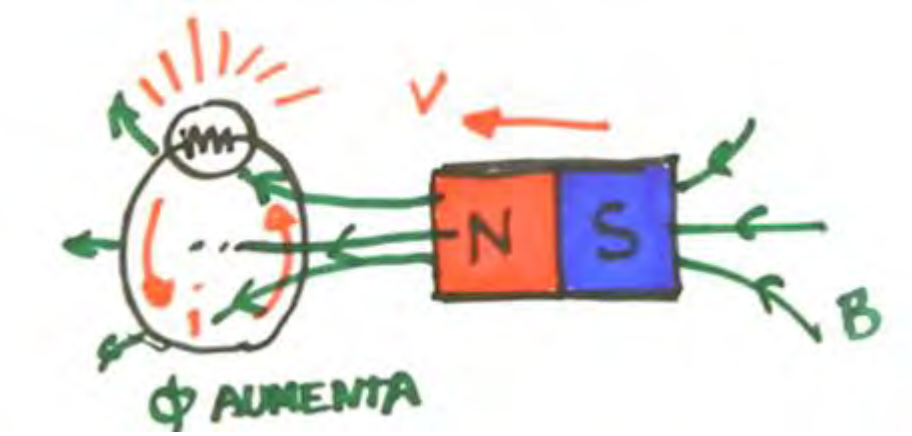
Imagine um ímã se aproximando de uma espira. Quanto mais perto desta espira, maior o campo magnético que passará por ela, certo? Parece confuso? Se liga nessa imagem aqui embaixo, ela vai ajudar!



Se há o aumento do campo magnético, isso também significa que há variação de fluxo magnético por dentro da espira. Essa é a grande sacada do problema! Além disso, se há variação de fluxo magnético dentro da espira, também existirá uma corrente nela! A Lei de Faraday nos diz isso!

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Vamos resumir tudo isso! Pense que existe uma lâmpada incandescente ligada à espira; quando um ímã se aproxima da espira, ocorre uma variação do fluxo magnético dentro da espira e, consequentemente, uma corrente induzida é gerada e a lâmpada deve acender!



Como nada é perfeito, a Lei de Faraday não nos permite encontrar diretamente essa corrente induzida, mas nos ajuda muito nisto. Ela estabelece o valor da força eletromotriz (f.e.m.) induzida, responsável pelo surgimento desta corrente elétrica; essa força eletromotriz é dada pela variação do fluxo magnético em um determinado tempo. Podemos escrever isso matematicamente da seguinte forma:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

SENTIDO DA CORRENTE INDUZIDA – LEI DE LENZ

Você pode ter ficado impressionado e pensando como Faraday conseguiu descobrir tudo isso. Mas ainda não terminou! O mais impressionante é que Faraday não determinou só a condição para o surgimento de uma corrente elétrica induzida, também determinou o sentido dessa corrente gerada. Este sentido pode ser determinado por uma regra muito simples, conhecida como Lei de Lenz, que afirma o seguinte:

 | Todos os direitos reservados © 2018.

"A corrente induzida em um circuito aparece sempre com um sentido tal que o campo magnético que ele cria tende a contrariar a variação do fluxo magnético através da espira.".

Na prática temos um truque para isso! Basta analisar qual polo do ímã está se aproximando ou se afastando. Pense no enunciado da Lei! Como a corrente induzida sempre aparece em oposição à variação do fluxo magnético, podemos imaginar que, se aproximarmos um polo norte ou afastarmos um polo sul, a corrente será gerada no sentido "norte". Mas espera aí, como assim no sentido norte? Isso é um truque! Existe uma maneira específica de colocar esse norte na espira: desenhe um N, de norte, exatamente como mostra a figura abaixo; a direção da corrente será exatamente a das flechas no N.

A mesma coisa acontece quando aproximamos um polo sul ou afastamos um polo norte. A corrente será gerada no sentido "sul", como mostra a imagem abaixo!

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Aqui tem mais dois exercícios para você praticar o que aprendeu sobre Indução Eletromagnética:

Exercício 10: Marque V para verdadeiro e F para falso.

( ) Quanto maior a área da superfície, maior o fluxo magnético.

( ) Quanto maior o campo magnético, maior o Fluxo magnético.

( ) A unidade de medida do fluxo é o Tesla [T]

( ) A unidade de medida do campo magnético é o Weber [Wb]

( ) O fluxo magnético depende do ângulo de inclinação entre o vetor normal à superfície e à linha de campo!

a) V, V, F, F, F
b) V, V, V, F, F
c) V, V, F, F, V
d) F, F, V, V, F
e) F, F, F, V, V

Correta: C
Resolução em:
Módulo: FMIE- Fluxo Magnético e Indução Eletromagnética
Lista: FMIE02EX - Exercícios de Compreensão #02

Exercício 11: Quando giramos uma espira de um material condutor em um campo magnético, geramos uma corrente elétrica devido:

a) Ao movimento de rotação que causa alteração do Fluxo magnético, pois ocorre uma alteração no ângulo de incidência das linhas do campo magnético
b) Ao movimento de rotação, que aumenta a área da superfície

 | Todos os direitos reservados © 2018.

c) Ao movimento de rotação, que gera um campo magnético maior do que d) quando a espira está parada

d) Ao momento de inércia da espira girando

e) À força centrípeta da espira girando

Correta: A
Resolução em:
Módulo: FMIE- Fluxo Magnético e Indução Eletromagnética
Lista: FMIE04EX - Exercícios de Compreensão #01

TRANSFORMADORES E LINHAS DE TRANSMISSÃO

O último tópico desta apostila são os transformadores. Certamente você já ouviu falar esse nome, mas você sabe o que exatamente é um transformador? Mais importante ainda: para o que eles servem? Antes de estudarmos isso, vamos entender o motivo pelo qual eles são tão presentes em nosso cotidiano.

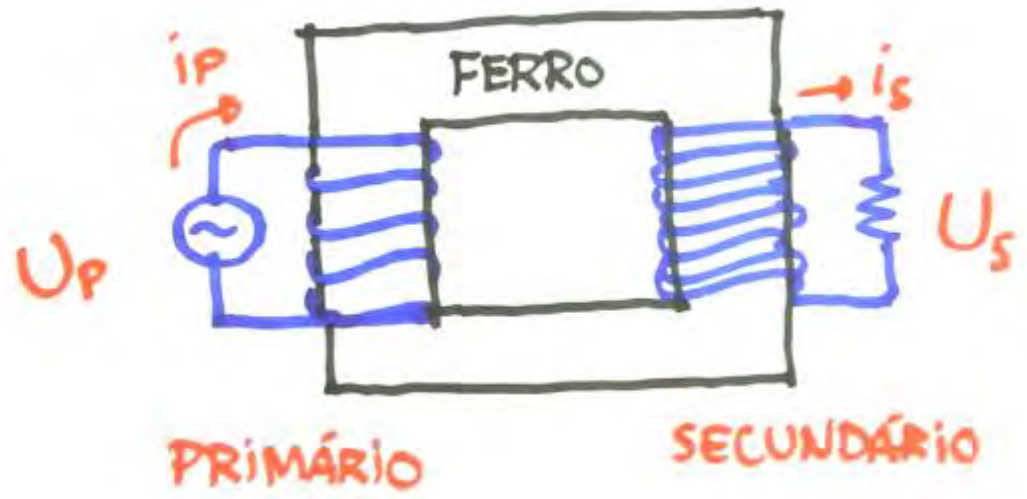
Um grande problema enfrentado pelas companhias de energia é como transportar a energia elétrica produzida de uma usina até as cidades. Obviamente a única opção é via cabos, mas isso é um problema: muitas companhias elétricas distribuem energia para diversos estados do Brasil. Você já pensou quanta energia é perdida desde a produção até a chegada em nossas casas, seja por Efeito Joule ou por diversos outros motivos? É muita energia! Para resolver isso, foi necessário descobrir um meio de minimizar esta perda. Duas maneiras foram criadas para isso:

a) A primeira é reduzir a resistência do fio, o que poderia ser feito trocando o fio por um de material melhor condutor, usualmente mais caro, ou por um fio mais grosso, o que tornaria os fios mais pesados e mais caros;
b) A segunda é reduzir a corrente elétrica. A usina de energia produz uma certa energia por segundo, isto é, uma certa potência, de maneira que uma mesma potência pode ser transmitida usando-se uma grande corrente e uma baixa voltagem ou uma grande voltagem e uma baixa corrente.

Obviamente, a escolha das companhias foi pela opção mais barata, o aumento da voltagem nas linhas de transmissão. Contudo, existe outro um

problema: por questões de segurança e design eletrônico, a voltagem entregue na casa do consumidor não deve ser muito alta. Assim, deveria existir alguma forma de diminuir a tensão ao chegar nas cidades. Aqui entra o transformador, ele é o responsável por aumentar ou reduzir essa tensão! Sabendo dessa importância, finalmente vamos entender como um transformador funciona!

Um transformador é constituído basicamente de duas bobinas enroladas em um núcleo de ferro. Em uma das bobinas, conhecida como enrolamento primário, é aplicada uma corrente elétrica alternada; esta corrente produz um fluxo magnético variável, imitando o núcleo de ferro que conduzirá o fluxo para o outro enrolamento, conhecido como enrolamento secundário. Como a corrente elétrica é alternada, o campo magnético produzido por ela será variável. Espera aí, campo magnético variável? Isto lembra a Lei de Faraday! Essa variação de campo magnético gera uma variação de fluxo magnético sobre o enrolamento secundário, que induz uma corrente elétrica em suas espiras.



Desta relação, conseguimos encontrar a seguinte expressão para transformadores ideais:

$$\frac{U_P}{U_S} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{i_S}{i_P}$$

Em que N indica o número de voltas, U indica a tensão e i indica a corrente. A identificação P e S indica primário ou secundário.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Dicas do MeSalva! sobre os transformadores!

- Se a bobina secundária tem maior número de espiras do que a primária, a ddp de saída é maior que a de entrada; o inverso ocorre se a bobina primária tem maior número de espiras, a ddp de entrada é maior que a de saída;
- O transformador só funciona com corrente alternada!

Temos um exercício para você praticar o que aprendeu sobre Indução Eletromagnética:

Exercício 12: (UFRGS) O primário de um transformador alimentado por uma corrente elétrica alternada tem mais espiras do que o secundário. Nesse caso, comparado com o primário, no secundário:

a) a diferença de potencial é a mesma e a corrente elétrica é contínua

b) a diferença de potencial é a mesma e a corrente elétrica é alternada

c) a diferença de potencial é menor e a corrente elétrica é alternada

d) a diferença de potencial é maior e a corrente elétrica é alternada

e) a diferença de potencial é maior e a corrente elétrica é contínua

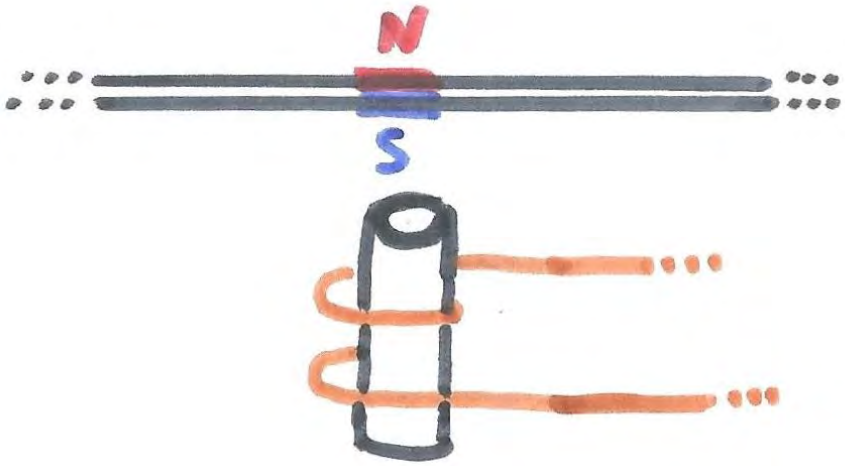
Correta: C
Resolução em:
Módulo: TROA- Transformadores e Outras Aplicações
Lista: TROA02EX - Exercícios de Compreensão #01

 Todos os direitos reservados © 2018.

O ELETROMAGNETISMO NA PRÁTICA: COMO FUNCIONAM AS GUITARRAS

Com certeza você já teve contato com uma guitarra, seja tocando ou simplesmente assistindo algum show, não é mesmo? Mas alguma vez você já pensou em como as guitarras funcionam? Como aquelas cordas conseguem gerar um som maravilhoso? Ou então por que as cordas das guitarras são feitas de metal? Muito provavelmente não, certo? Pois então, mais uma vez é a Física que nos explica tudo isso!

Você pode nunca ter percebido, mas existem diversos pontinhos metálicos embaixo das cordas das guitarras, chamados de captadores magnéticos. Esses captadores são responsáveis por captar as variações do campo magnético das cordas. Mas espera aí, desde quando corda tem campo magnético? Pode ficar calmo, você já vai entender isso! Os captadores são basicamente ímãs, parecidos com esses que você tem em sua geladeira. E justamente agora entra a justificativa das cordas das guitarras serem feitas de aço: você lembra o que acontece quando aproximamos um metal de um ímã? Ele se magnetiza e também se torna um ímã! ímãs possuem campo magnético no seu entorno, concorda?



Os captadores são basicamente cilindros com espiras enroladas em seu entorno. Assim, quando uma corda for tocada, ela irá vibrar e gerar uma variação em seu campo magnético. Como estudamos na Lei de Faraday, essa variação de campo magnético irá gerar uma corrente elétrica nas espiras que envolvem os captadores. Cada nota irá gerar uma vibração diferente na corda, que é refletida no som que sai do amplificador. Sensacional, não é?

 | Todos os direitos reservados © 2018.

O som produzido por cada guitarra depende de várias fatores em sua construção, um deles é o número de espiras enroladas nos captadores. Guitarras como Gibson Les Paul, Fender Stratocaster ou Rickenbacker se tornaram tão famosas justamente por isso, cada uma possui um número de espiras diferentes e, consequentemente, um som muito característico.

Faça o teste! Experimente tocar a guitarra com uma moeda em vez de usar uma palheta, você vai sentir a força gerada pelo campo magnético!

E aí, pronto para testar seu conhecimento sobre as guitarras elétricas? Se liga nesse exercício:

Exercício 13: O manual de funcionamento de um captador de guitarra elétrica apresenta o seguinte texto:

Esse captador comum consiste de uma bobina, fios condutores enrolados em torno de um ímã permanente. O campo magnético do ímã induz o ordenamento dos polos magnéticos na corda da guitarra, que está próxima a ele. Assim, quando a corda é tocada, as oscilações produzem variações, com o mesmo padrão, no fluxo magnético que atravessa a bobina. Isso induz uma corrente elétrica na bobina, que é transmitida até o amplificador e, daí, para o alto-falante.

Um guitarrista trocou as cordas originais de sua guitarra, que eram feitas de aço, por outras feitas de náilon. Com o uso dessas cordas, o amplificador ligado ao instrumento não emitia mais som, porque a corda de náilon:

a) isola a passagem de corrente elétrica da bobina para o alto-falante.

b) varia seu comprimento mais intensamente do que ocorre com o aço.

c) apresenta uma magnetização desprezível sob a ação do ímã permanente.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

d) induz correntes elétricas mais intensas na bobina que a capacidade do captador.

e) oscila com uma frequência menor do que a que pode ser percebida pelo captador.

Correta: C
Resolução em:
Módulo: EELM- Exercícios de Eletromagnetismo
Lista: EELMEX- Exercícios de Compreensão #03

 | Todos os direitos reservados © 2018.

CONCLUSÃO

Tenho certeza que agora você consegue perceber a importância do eletromagnetismo em nossas vidas! Mas sabe qual é a parte mais legal? Tendo consciência disso você pode entender o funcionamento de muita coisa! Lembre-se de revisar os conceitos, eles são essenciais para você entender o que foi estudado!

Agora que terminamos o estudo completo da Eletricidade, em nossa próxima apostila começaremos a entender algo muito interessante, o Calor! Esperamos por você lá!

 | Todos os direitos reservados © 2018.

PARTE II

FÍSICA

04

CALORIMETRIA E TERMOLOGIA

meSalva!

CALORIMETRIA E TERMOLOGIA

E aí, galera do Me Salva!

Todos muito empolgados para estudar a Calorimetria e a Termologia? Espera aí! Antes de começarmos, vocês sabem do que isso se trata? Muito possivelmente vocês nunca ouviram falar nestes conceitos, mas tenho certeza que já observaram as aplicações deles no cotidiano!

Vá até a sua cozinha e observe a sua geladeira. Viu? Já percebeu que o congelador fica na parte de cima em praticamente todos os modelos de refrigerador? Alguma vez você já parou para pensar o porquê disso? Não? Pois então, a Física tem a explicação! O ar frio tem maior densidade. Assim, o ar do congelador desce através das correntes de convecção e ajuda a gelar os alimentos na geladeira!

E o motivo pelo qual viandas são colocadas em embalagens de isopor, você já pensou nisto? É isso mesmo que você está imaginando, a Física explica isso também!

Em resumo, nesta apostila estudaremos o calor e como ele pode ser trocado entre os corpos. Além disso, estudaremos as mudança de estado físico e a deformação que os materiais sofrem ao receber ou perder calor. E agora, interessado em aprender e ver como tudo isso é aplicado nas nossas vidas? Se prepara e vamos com tudo!

TERMOMETRIA

O primeiro tópico que iremos estudar nesta apostila é a Termometria. Estudaremos basicamente a temperatura, seu significado físico e as formas pelas quais ela pode ser medida! Preparado para aprender? Vamos lá!

 | Todos os direitos reservados © 2018.

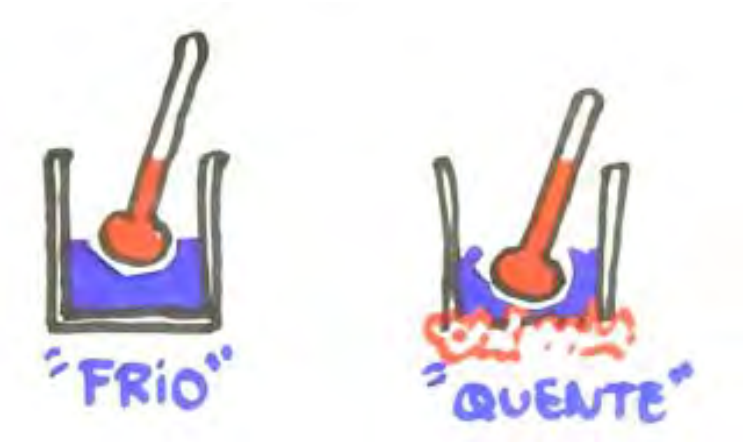
TEMPERATURA

Você pode entender intuitivamente o que é temperatura, mas precisamos entender um pouco mais sobre o significado físico deste conceito. Concorda que toda substância é composta por moléculas? O impressionante é que, por mais que não consigamos ver isso, todas essas moléculas que compõem as substâncias estão em constante agitação! E podemos fazer uma associação com algo que que vimos na apostila de Energia, lá no começo do nosso estudo da Física. Lembra que todo movimento está associado com energia cinética? Pois então, a energia gerada pela agitação dessas moléculas produz um efeito muito conhecido e que podemos sentir facilmente: a sensação de quente. Essa sensação está justamente ligada à temperatura!

Em termos bem específicos, podemos dizer que a temperatura é uma medida do grau de agitação das moléculas. Sendo um pouco mais preciso, é uma medida da energia cinética média das moléculas de um sistema.

ESCALAS TERMOMÉTRICAS

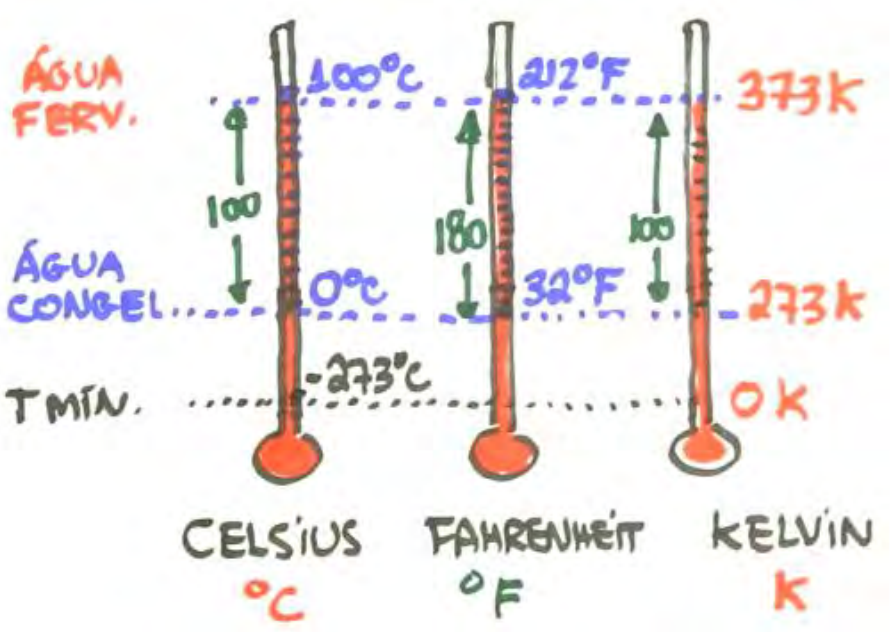
Mas espera aí, existe algum meio pelo qual podemos fazer a medida desta agitação das moléculas? Sim, existe! E tenho certeza que você conhece. A medição da temperatura de um sistema é feita através do termômetro! Mas o que é, exatamente, este termômetro? É um instrumento que associa um valor numérico a uma temperatura. Este número pode ter diferentes unidades de medição, que são chamadas de escalas termométricas.



 | Todos os direitos reservados © 2018.

E quais são essas escalas? A escala Celsius foi montada com base na temperatura de fusão e ebulição da água ao nível do mar. A escala Fahrenheit foi montada a partir da temperatura de fusão de uma mistura de água com amônia e da temperatura média do corpo humano. Agora vem a escala mais importante, a escala Kelvin! Ela foi montada para medir diretamente a energia das moléculas e foi escolhida de tal maneira que, quando a temperatura em Kelvin está marcando zero, é porque as moléculas têm energia zero. Esta temperatura é conhecida como zero absoluto.

Se liga na imagem abaixo, ela representa a relação da medida de temperatura em cada escala!



Comparando as escalas mostradas, podemos concluir algo extremamente importante: em graus Celsius (°C) a temperatura de 0K (zero absoluto) corresponde a -273°C.

 Todos os direitos reservados © 2018.

CONVERSÃO DE ESCALAS

E se estivermos interessados em converter os valores de temperatura de uma escala termométrica para outra? Existem relações que nos permitem fazer isto. Vamos estudá-las agora!

A diferença entre as escalas Celsius (C) e Kelvin (K) é simplesmente o ponto 0. Assim, podemos fazer a conversão simplesmente somando 273 ao valor da temperatura em graus Celsius.

$$K = C + 273$$

Observando a imagem das escalas lá em cima, percebemos que, para as escalas Celsius (C) e Fahrenheit (F), a diferença entre os pontos de fusão e de ebulição da água representam a mesma variação de temperatura. Dessa forma, a conversão é feita a partir da seguinte equação:

$$\frac{C}{100} = \frac{F-32}{180}$$

Para a conversão da escala Kelvin para Fahrenheit, podemos simplesmente utilizar as duas equações vistas anteriormente. Delas surge a seguinte relação:

$$\frac{K-273}{100} = \frac{F-32}{180}$$

Agora é sua vez de praticar! Aproveite estes exercícios para testar se você conseguiu entender o conteúdo.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Exercício 1: Analise as afirmações abaixo.

I) A temperatura de um ambiente independe da velocidade das moléculas, pois a energia cinética não varia com a velocidade.

II) Em um corpo qualquer, no qual a velocidade das moléculas é zero, a temperatura deste corpo é absolutamente zero.

III) A velocidade das moléculas no vapor acima de uma panela com água a 100°C é maior do que a velocidade das moléculas na panela.

De acordo com as afirmações acima, quais estão corretas?

a) Apenas I e II

b) Apenas I e III

c) Apenas II e III

d) Apenas I

e) Todas

Correta: C

Exercício 2: Considere as afirmações abaixo:

I) Na escala termométrica Celsius a marca de zero graus corresponde ao congelamento da água, então podemos afirmar que este congelamento é absoluto, uma vez que as moléculas da água não têm velocidade alguma a zero graus Celsius.

II) Todas as escalas foram criadas com base no congelamento da água.

III) A escala termométrica Kelvin foi criada com base na energia.

Quais afirmações estão incorretas?

a) Apenas I

b) Apenas II

c) Apenas III

 | Todos os direitos reservados © 2018.

d) Apenas I e II

e) Apenas I e III

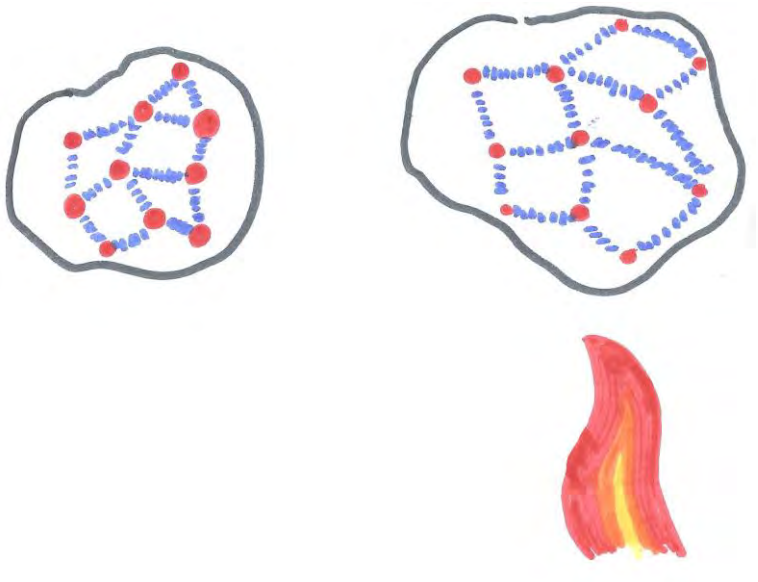
Correta: D

DILATAÇÃO

Você já percebeu que em pontes, viadutos ou entre os trilhos dos trens existem pequenos espaços deixados entre as placas de concreto ou entre os trilhos de ferros? Mas por que isso é feito? Por causa da dilatação! Mas espera aí, o que é dilatação? Estudaremos isso agora!

Você sabia que as dimensões dos objetos dependem da temperatura? Muito interessante, né? É justamente nisso que o conceito de dilatação se baseia. Quando a temperatura de um objeto aumenta, as moléculas ficam mais agitadas, ocupando mais espaço, normalmente aumentando o tamanho do objeto. Da mesma maneira, quando resfriamos um objeto, as moléculas ficam menos agitadas e ocupam menos espaço, fazendo com que o objeto encolha.

Pois então, já conseguiu compreender porque existem aqueles espaços entre entre as lajes e também entre os trilhos dos trens? Eles servem para permitir que os materiais, quando aquecidos, possam se dilatar sem deformar ou ruir as estruturas.



 Todos os direitos reservados © 2018.

Muito cuidado! Estudaremos isso mais adiante, mas é bom que você já saiba que existem substâncias que encolhem quando esquentam e que aumentam quando resfriadas.

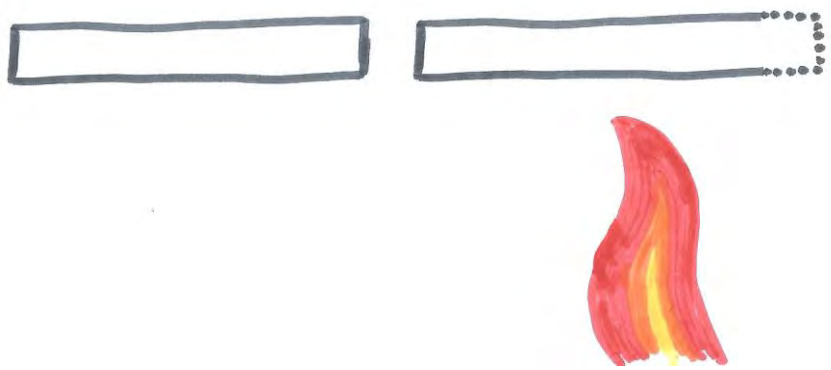
DILATAÇÃO DOS SÓLIDOS

Dividiremos nosso estudo da dilatação em duas etapas. A primeira parte, que analisaremos agora, será a dilatação em sólidos. A segunda parte, envolvendo a dilatação dos líquidos, estudaremos no próximo tópico.

Quando tratamos de sólidos, podemos dividir a dilatação em três tipos. Sabemos que todos os tipos de sólidos possuem três dimensões. Assim, a dilatação pode ocorrer em uma, duas ou três dimensões.

DILATAÇÃO LINEAR

Quando um sólido possui uma dimensão muito maior do que as outras duas (como nos casos dos trilhos de trem, que possuem o comprimento muito maior que a largura), ou quando estamos interessados na dilatação do corpo em apenas uma dimensão, utilizamos o princípio da dilatação linear.



 | Todos os direitos reservados © 2018.

Sabemos que a dilatação ocorre quando há variação de temperatura, certo? Pois então, existe uma equação que nos permite encontrar a variação do comprimento deste corpo!

$$\Delta L = L_0 . \alpha . \Delta T$$

Essa equação nos diz que a variação do comprimento em uma direção (ΔL) é dada pelo produto entre o comprimento inicial (Lo), um coeficiente de dilatação linear (α) e a variação de temperatura à qual ele é submetido (ΔT).

Vamos colocar isso em prática! Temos um exercício de dilatação linear para você testar o que estudou.

Exercício 3: Uma barra de cobre mede 20cm quando está a 30°C. Quando a 50°C, qual a variação de comprimento dessa barra? Dados: coef. Linear de dilatação = 17×10^{-6}.

a) 0,034mm

b) 0,068mm

c) 6,8cm

d) 3,4cm

e) 20mm

Correta: B

 | Todos os direitos reservados © 2018.

DILATAÇÃO SUPERFICIAL

Este tipo de dilatação ocorre quando estamos interessados apenas em duas dimensões do sólido, normalmente quando vamos analisar placas ou objetos finos, nos quais a espessura não é importante no problema (como é o caso dos azulejos e das lajes nas calçadas). Novamente, sabemos que a dilatação ocorre quando há variação de temperatura. Existe uma equação que nos permite encontrar a variação superficial dos sólidos. Se liga nela!

$$\Delta S = S_0.\beta.\Delta T$$

Essa equação nos diz que a variação superficial (ΔS) é dada pelo produto entre área inicial da superfície (So), o coeficiente de dilatação superficial (β) e a variação de temperatura (ΔT) à qual ele é submetido.

Na prática! Durante a construção de pontes e viadutos, pequenas fendas são deixadas para que essas estruturas possam dilatar superficialmente quando a temperatura aumentar, sem que rachaduras aconteçam.

Vamos colocar isso em prática! Temos dois exercícios sobre dilatação superficial para você testar o que estudou.

Exercício 4: Uma janela de vidro (alfa = 9 x 10^-6) tem dimensões de 40cm por 50cm a 5°C. Quando a temperatura sobe para 35°C, qual a nova área da janela em cm^2?

a) 2000,108

b) 2001,08

c) 2000

d) 2108

e) 2000,5

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Correta: B

Exercício 5: Uma chapa de vidro (10cm X 10cm) contém um disco vazado de raio 2cm em seu interior. Sabendo que a chapa sofre uma variação de 40K, determine, aproximadamente, qual a variação da área da circunferência. Dados: alfa = 9×10^{-6}.

a) 0,003 cm^2

b) 0,004 cm^2

c) 0,009cm^2

d) 0,001cm^2

e) 0,03cm^2

Correta: C

DILATAÇÃO VOLUMÉTRICA

O último tipo de dilatação que analisaremos é a volumétrica. Aqui estamos interessados na dilatação em todas as dimensões do sólido (como no casos em que colocamos líquidos quentes dentro de copos ou garrafas). Essa análise também é muito comum quando estamos estudando a dilatação de cubos sólidos! Também existe uma equação que nos permite encontrar essa variação volumétrica dos sólidos. Se liga nela!

$$\Delta V = V_0 . \gamma . \Delta T$$

Ela nos diz que a variação volumétrica de um sólido (ΔV) é dada pelo produto entre o volume inicial (Vo), o coeficiente de dilatação volumétrica (γ) e a variação de temperatura à qual ele é submetido (ΔT).

 Todos os direitos reservados © 2018.

Curioso! Sempre que colocamos um líquido muito quente dentro de um copo de vidro comum, estamos correndo o risco de trincar esse copo. Isso é explicado pela dilatação volumétrica: a parte interna do copo se dilata ao ser aquecida, mas como o vidro é um condutor de calor, a parte externa do copo demora para ser aquecida e, consequentemente, se dilata menos. Essa diferença de dilatação entre as partes interna e externa do copo é a responsável pela possibilidade de fazê-lo trincar.

RELAÇÃO ENTRE OS COEFICIENTES DE DILATAÇÃO

Além dos tipos de dilatação e dos casos em que eles são aplicados, é muito importante que você conheça a relação matemática que existe entre os coeficientes de dilatação linear, superficial e volumétrico. Se liga aqui embaixo!

$$\beta = 2\alpha$$
$$\gamma = 3\alpha$$

Cuidado! Quando um objeto dilata, todas as dimensões aumentam, incluindo os furos, que dilatam como se ainda houvesse material ali. Tente visualizar a dilatação como se fosse a ampliação de uma foto.

DILATAÇÃO DOS LÍQUIDOS

Agora vamos estudar como os líquidos se dilatam! Preparados? Como já aprendemos na apostila de Hidrostática, a forma de um líquido depende do recipiente em que ele está contido. Dessa maneira, não há sentido falarmos em dilatação linear ou superficial para um líquido. A única forma de dilatação analisada será a volumétrica.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

$$\Delta V_L = V_0 . \gamma_L . \Delta T$$

A variação do volume de um líquido (ΔVL) é dada pelo produto entre seu volume inicial (Vo), o coeficiente de dilatação volumétrica para esse liquido (γL) e a variação de temperatura à qual ele é submetido (ΔT).

Vamos colocar isso em prática! Temos dois exercícios direto do ENEM sobre dilatação dos líquidos para você testar seus conhecimentos.

Exercício 6: (ENEM 2009) Durante uma ação de fiscalização em postos de combustíveis, foi encontrado um mecanismo inusitado para enganar o consumidor. Durante o inverno, o responsável por um posto de combustível compra álcool por R$ 0,50/litro, a uma temperatura de 5 °C. Para revender o líquido aos motoristas, instalou um mecanismo na bomba de combustível para aquecê-lo, para que atinja a temperatura de 35 °C, sendo o litro de álcool revendido a R$ 1,60. Diariamente o posto compra 20 mil litros de álcool a 5 °C e os revende.
 Com relação à situação hipotética descrita no texto e dado que o coeficiente de dilatação volumétrica do álcool é de 1×10−3 °C−1, desprezando-se o custo da energia gasta no aquecimento do combustível, o ganho financeiro que o dono do posto teria obtido devido ao aquecimento do álcool após uma semana de vendas estaria entre

a) R$ 500,00 e R$ 1.000,00.

b) R$ 1.050,00 e R$ 1.250,00.

c) R$ 4.000,00 e R$ 5.000,00.

d) R$ 6.000,00 e R$ 6.900,00.

e) R$ 7.000,00 e R$ 7.950,00.

Correta: D

Exercício 7: (ENEM – 1999) A gasolina é vendida por litro, mas em sua utilização como combustível, a massa é o que importa. Um aumento da temperatura do ambiente leva a um aumento no volume da gasolina. Para diminuir os efeitos práticos dessa

 Todos os direitos reservados © 2018.

variação, os tanques dos postos de gasolina são subterrâneos. Se os tanques não fossem subterrâneos:

I. Você levaria vantagem ao abastecer o carro na hora mais quente do dia pois estaria comprando mais massa por litro de combustível.

II. Abastecendo com a temperatura mais baixa, você estaria comprando mais massa de combustível para cada litro.

III. Se a gasolina fosse vendida por kg em vez de por litro, o problema comercial decorrente da dilatação da gasolina estaria resolvido.

Destas considerações, somente:

a) I é correta

b) II é correta

c) III é correta

d) I e II são corretas

e) II e III são corretas

Correta: E

DILATAÇÃO ANÔMALA DA ÁGUA

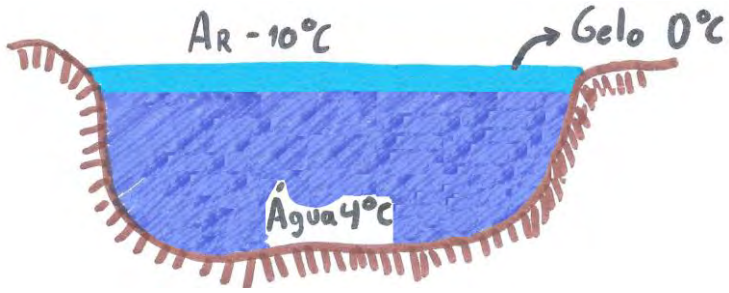
Lembra quando falamos que existem alguns materiais que se contraem quando a temperatura aumenta? Por incrível que pareça, isso acontece com a água! Já percebeu que os cubos de gelo ocupam mais espaço na forminha do que a água líquida que você levou para a geladeira? Não? Faça o teste, você vai comprovar isso! Ainda não acreditou? Vou te provar. Lembra aquela vez em que você colocou uma latinha de refrigerante no congelador e ela estourou? Isso acontece porque a água ali dentro se expandiu quando congelou!

Mas você pode estar se perguntando: por que isso acontece? A água se comporta assim por causa das ligações químicas que apresenta! O mais interessante é que isso só acontece para um trecho específico de temperatura, entre 0°C e 4°C. A água encolhe quando é aquecida e expande quando é resfriada nessa faixa de temperatura. Por esse mesmo motivo

 | Todos os direitos reservados © 2018.

ocorre a expansão da água quando congelada; chamamos isso de dilatação anômala da água.

Você já pensou por que alguns lagos congelam apenas em sua superfície? Isso acontece justamente porque a água se expande quando resfriada até (ou abaixo de) 4°C. Ou seja, o volume da água aumenta, diminuindo sua densidade e levando a parte congelada para a superfície.



DILATAÇÃO APARENTE

Agora que já estudamos separadamente o que acontece com o volume dos líquidos e dos sólidos quando ocorre um aumento de temperatura, podemos pensar em algo um pouco mais complexo.

Lembra que um líquido sempre está obrigatoriamente contido em um recipiente? Pois então, agora imagine um copo de vidro cheio de água líquida.

Agora suponha que queremos ter um jeito prático de calcular a dilatação volumétrica da água. Um dos meios para fazer isso é justamente esquentar esse copo e verificar quanto o volume de água aumentou, certo? E é justamente aqui que está o problema! Ao esquentarmos o copo cheio de

 Todos os direitos reservados © 2018.

água, não é só o líquido que irá se dilatar, o copo também vai! Assim, o volume do recipiente também vai aumentar e o que realmente vamos observar para o líquido é uma dilatação aparente.

Então espera aí, será que não temos como descobrir qual foi a dilatação real do líquido? Claro que temos! O aumento real que o volume do líquido teve é igual à soma da dilatação aparente que ele teve em relação ao copo com a dilatação volumétrica do recipiente. Isso é escrito matematicamente assim:

$$\Delta V_{real} = \Delta V_{aparente} + \Delta V_{recipiente}$$

Para aplicar essa equação, basta que você lembra das equações de dilatação que vimos anteriormente!

Vale o conhecimento! Quando usamos um recipiente cujo coeficiente de dilatação volumétrica (γ) é muito pequeno, a dilatação aparente do líquido torna-se praticamente igual à dilatação real.

Agora é sua vez de praticar. Aproveite este exercício para testar o que estudamos sobre a dilatação aparente!

Exercício 8: Dadas as afirmações, determine quais são verdadeiras:

 | Todos os direitos reservados © 2018.

I – Quando falamos de dilatação aparente, não estamos levando em consideração a dilatação do recipiente que contém o fluido, apenas o que conseguimos perceber;

II – A dilatação real não depende da dilatação do recipiente, mas sua percepção sim;

III – É possível determinar a dilatação do recipiente sem ter o seu coeficiente de dilatação, sabendo apenas a variação aparente e o coeficiente do fluido.

a) I

b) I e II

c) I, II e III

d) II e III

e) II

Correta: C

CALORIMETRIA

Lembra aquela vez que você serviu uma xícara de café e esqueceu de tomar? O café esfriou, certo? Isso é óbvio, né? Mas você já pensou o porquê de isso acontecer? Vamos entender isso agora! Neste tópico vamos estudar como acontecem e quais são as consequências da transferência de calor entre corpos!

OS ESTADOS FÍSICOS DA MATÉRIA

Em nosso cotidiano podemos encontrar diversas substâncias completamente diferentes umas das outras. Entretanto, por mais diferente que elas sejam entre si, podemos ter a certeza de uma coisa: independente de qual seja essa substância, ela estará em um dos três estados físicos: líquido, sólido ou gasoso.

Intuitivamente já temos uma ideia sobre o que são esses estados físicos. O gelo, por exemplo, é a fase sólida da substância água. Agora, o que você acha que acontece se adicionarmos energia nessa substância? Ocorrerá um aumento na agitação e um afastamento de suas moléculas. E aqui entra

 Todos os direitos reservados © 2018.

a grande jogada! Se essa energia fornecida for suficientemente grande, as ligações moleculares que existem dentro da água irão se romper e água em estado líquido será formada! Agora, se adicionarmos ainda mais energia, de forma que as moléculas fiquem ainda mais afastadas e ainda mais ligações se rompam, surgirá o vapor, a forma gasosa da água.

Vale o conhecimento! Se adicionarmos ainda mais energia a uma substância no estado gasoso, ela irá se separar em íons e elétrons, formando uma quarta fase da matéria, chamada de plasma. Mas espera aí, por que falamos apenas em três estados antes? Porque basicamente nada com que temos contato está no estado de plasma e, justamente por isso, focaremos nosso estudo apenas nas três fases que vimos anteriormente.

MUDANÇA DE ESTADOS FÍSICOS

Já tivemos um contato bastante significativo com as mudanças de estado físico. A intenção desse tópico é apenas lembrar o sentido em que as mudanças acontecem. Entender isso vai facilitar muito o estudo do nosso próximo tópico. Se liga no esquema abaixo, ele resume tudo que é necessário conhecer sobre o assunto!

 Todos os direitos reservados © 2018.

Se liga! As temperaturas em que acontecem as trocas de estados físicos dependem da substância e da pressão atmosférica do local onde essa substância está!

CALOR

Lembra daquele exemplo que discutimos sobre a xícara de café esquecida que acaba esfriando? Pois então, finalmente vamos começar a entender o porquê dela esfriar!

Ao aproximarmos dois corpos em diferentes temperaturas, suas temperaturas irão variar até que ambos estejam em equilíbrio térmico. Com o passar do tempo, a energia do corpo mais quente vai sendo dissipada para o corpo mais frio. E é justamente essa transferência de energia entre dois corpos que é chamada de calor! Espontaneamente, o calor é sempre transferido do corpo mais quente para o corpo mais frio.

Seguindo o que foi discutido anteriormente, podemos definir outros dois conceitos. Quando o corpo recebe calor e muda de temperatura, o calor é chamado de calor sensível. Quando o corpo muda de estado físico, o calor é dito calor latente. Estudaremos isso com mais detalhes em seguida!

Muito importante! Calor é uma medida da energia transferida entre dois ou mais corpos. Assim, um corpo não pode conter calor.

Vamos colocar isso em prática! Temos dois exercícios para você testar o que estudou sobre o conceito de calor.

Exercício 9: Quais afirmações abaixo estão corretas?

I) O equilíbrio térmico não depende das velocidades das moléculas nos objetos, de forma que estes objetos podem

 | Todos os direitos reservados © 2018.

estar em equilíbrio quando estão em contato e, apesar disso, as velocidades das moléculas serem diferentes.

II) O calor sempre vai na direção do mais frio.

III) Calor é energia em transição.

Escolha uma alternativa:

a) Apenas I e II

b) Apenas II e III

c) Apenas I e III

d) Apenas II

e) Apenas III

Correta: E

Exercício 10: Considere as afirmações abaixo:

I) Quando fornecemos muita energia a um líquido, a velocidade das moléculas aumenta, de forma a possibilitar que elas se desprendam do restante do líquido.

II) A troca de estado físico não depende da pressão atmosférica.

III) A quantidade de energia interna em uma determinada amostra influencia no seu volume.

Quais afirmações estão incorretas?

a) Apenas I e III

b) Apenas I e II

c) Apenas III

d) Apenas II

e) Apenas II e III

Correta: D

 | Todos os direitos reservados © 2018.

CALOR ESPECÍFICO

Você provavelmente já percebeu que alguns alimentos permanecem quentes por mais tempo que outros, certo? Um exemplo disso é o que acontece com uma torrada de queijo! Sim, uma torrada! Logo que a tiramos da torradeira, por mais que consigamos encostar no pão, iremos nos queimar se mordermos a torrada, pois o queijo ainda estará quente! Mas qual a explicação disso? Por que o queijo demora mais tempo para esfriar do que o pão? Isso acontece porque diferentes substâncias possuem diferentes capacidades de armazenar energia interna. O queijo consegue armazenar energia em suas moléculas por mais tempo!

Também podemos pensar nisso que acabamos de estudar de uma forma inversa: se colocarmos uma panela de ferro para esquentar no fogão, em poucos minutos ela se aquecerá, concorda? Agora, se colocarmos água dentro dessa panela, o tempo necessário para que a temperatura dela se eleve até chegar à do exemplo anterior será muito maior. Isso acontece porque diferentes materiais requerem diferentes quantidades de calor para elevar a energia de suas moléculas (sua temperatura!).

Agora vem a grande jogada! A capacidade que uma substância possui de armazenar energia está diretamente ligada à energia necessária para elevar a temperatura dessa substância. Mas espera aí, como podemos mensurar isso que acabamos de falar? Através de uma propriedade chamada calor específico(c)! O calor específico de uma substância é a medida da dificuldade necessária para esquentar cada grama dessa substância. Sendo um pouco mais preciso, diz a quantidade de calor necessária para variar em 1°C a temperatura de 1g da substância.

Importante saber! Alguma vez você já se perguntou porque temos a impressão de que a água do mar fica mais quente pela noite? A razão disso é o alto calor específico da água! Como é necessário muito calor para mudar sua temperatura, a água permanece praticamente na mesma temperatura mesmo depois do pôr do sol. Justamente o contrário do que acontece com o ar, que logo se esfria. Esse contraste é a explicação da nossa sensação de água quente.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

CAPACIDADE TÉRMICA

Além disso, existe outro conceito que você também precisa saber: a capacidade térmica. Esse conceito é muito parecido com o calor específico. A grande diferença entre eles é que a capacidade térmica mede a dificuldade de esquentar um corpo. Sim, ela está relacionado aos corpos, não às substâncias! Vamos entender melhor isso agora: imagine um balde e uma xícara cheios de água. Concorda que a substância dentro dos dois recipientes é a mesma? Sim, a água. Mas será que a dificuldade de esquentar a água nesses dois recipientes até 100°C é o mesma? Claro que não! É muito mais fácil esquentar a água que está na xícara.

A capacidade térmica de um corpo depende de sua massa e do calor específico da substância pela qual ele é formado. Expressamos isso matematicamente da seguinte forma:

$$C = c.m$$

 Todos os direitos reservados © 2018.

CALOR SENSÍVEL

Calor sensível é o nome que damos para o calor que um corpo recebe ao mudar sua temperatura. Calculamos da seguinte forma:

$$Q_S = c.m.\Delta T$$

Você pode perceber que o cálculo do calor sensível envolve dois conceitos que vimos antes: o calor específico e a capacidade térmica. Podemos reescrever a equação do calor sensível através da capacidade térmica do corpo que sofre a alteração de temperatura:

$$Q_s = C.\Delta T$$

CALOR LATENTE

Este é o nome que damos ao calor que os corpos recebem para mudar de estado físico, ou seja, sem mudança em sua temperatura. A equação que nos permite encontrar o calor latente é a seguinte:

$$Q_L = m.L$$

Em que L é o calor latente da troca, que possui seu valor específico para cada alteração de estado físico, como fusão, vaporização, etc.

CURVA DE AQUECIMENTO

Como vimos anteriormente, conforme um material recebe calor, duas coisas podem acontecer: ele pode se aquecer (mudar sua temperatura!) ou mudar de estado físico (permanecendo com sua temperatura constante!). Para substâncias puras, as duas coisas não acontecem ao mesmo tempo: ou muda a temperatura ou muda o estado físico. Isto é, enquanto a substância troca de estado, a temperatura não varia. Podemos ver isso no gráfico abaixo!

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Chegou a hora de praticar! Temos alguns exercícios para você testar o que estudou.

Exercício 11: Leia as afirmações abaixo:

I) O calor sensível é o calor em que a temperatura não varia.

II) O calor é sensível enquanto há troca de estado.

III) O calor latente é o calor necessário para transição de um estado físico.

Quais afirmações estão incorretas?

a) Apenas III

b) Apenas II

c) Apenas I e III

d) Apenas I e II

e) Todas.

Correta: D

Exercício 12: Uma chaleira com água inicialmente a 20° C é esquentada até 90° C. Sabemos que a massa de água é 3kg.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Considerando o calor específico da água C = 1cal/g°C, qual foi o calor utilizado? Determine o calor em Joules.

a) 886 KJ

b) 882 KJ

c) 800 J

d) 210 Kcal

e) 252 KJ

Correta: B

Exercício 13: Em uma experiência, deseja-se descobrir o volume de água em um recipiente. Para isso é fornecido 50Kcal à amostra, o que leva a água de 25° C a 35° C.

Considere o calor específico da água c = 1cal/g°C e a densidade da água 1g/cm^3.

a) 0,05 m^3

b) 0,0005 m^3

c) 0,005 m^3

d) 0,01 m^3

e) 0,001 m^3

Correta: C

Exercício 14: Retira-se 240 Kcal para que uma certa massa de água líquida a 20°C torne-se gelo a -20°C. Qual é a massa de água?

Considere o calor específico da água c = 1cal/g°C e o calor latente da troca L = 80cal/g.

a) 4 kg

b) 6 kg

c) 1 kg

d) 200g

 Todos os direitos reservados © 2018.

e) 2 kg

Correta: E

Exercício 15: Um recipiente com 1,5 kg de água a 100°C recebe calor para tornar a água vapor a 100°C. Esse vapor é direcionado a uma mangueira que fornece uma certa quantidade de calor, aumentando a temperatura do vapor. Sendo o calor total 825kcal recebido, qual a temperatura final do vapor de água?

Considere o calor específico da água c = 1cal/g°C e o calor latente da troca L = 80cal/g.

a) 220°C

b) 200°C

c) 120°C

d) 110°C

e) 100°C

Correta: D

PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Esta parte da apostila é uma viagem pelo mundo maravilhoso do transmição de calor. Nós já vimos o que é calor e o que acontece quando um corpo troca calor – lembra disso? Estudaremos agora como acontece a troca de calor entre os corpos. Existem três maneiras como isso pode acontecer, se liga!

CONDUÇÃO

Alguma vez você já se perguntou por que a maioria dos cabos de panela é feita de madeira? Provavelmente não, mas tenho certeza que, pensando agora, você chegou à conclusão que é para não queimarmos nossas mãos. E isso está totalmente certo! E fisicamente, o que explica isso?

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Essa é fácil! A madeira não é um bom condutor de calor. Mas espera aí... O que é condução de calor? Vamos estudar isso agora!

A condução de calor ocorre quando uma parte de um material está mais quente do que outra, de maneira que as moléculas da parte com maior temperatura, que estão mais agitadas, transferem um pouco de sua energia para as moléculas vizinhas, elevando a temperatura daquela parte anteriormente fria!

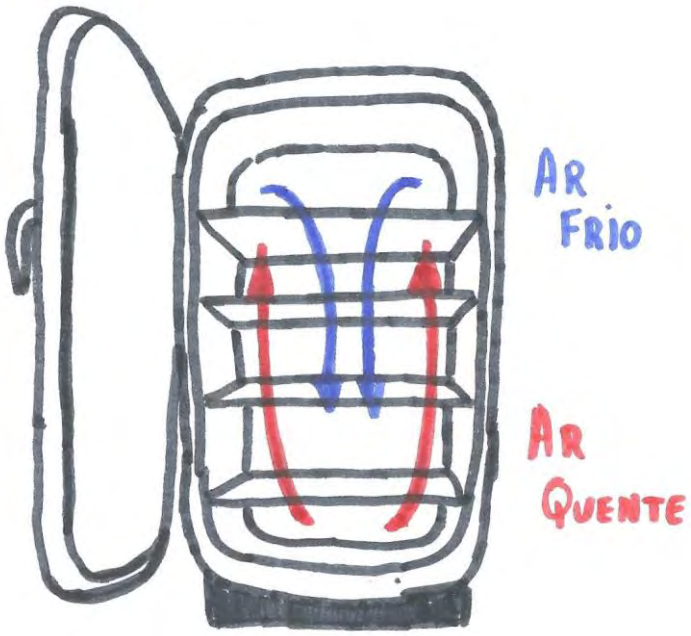
Entendeu agora o porquê da madeira? O calor da panela tem mais dificuldade para se propagar pela madeira do que pelo ferro. O cabo feito de madeira não esquenta tanto, o que impede que queimemos nossas mãos!

CONVECÇÃO

Este tipo de transmissão só ocorre em líquidos e gases! Pode ser que você nunca tenha percebido, mas já presenciou diversas vezes a convecção na prática! Pois então, alguma vez você já reparou que na praia o vento sopra do mar para a terra durante o dia e da terra para o mar durante a noite? A convecção explica isso! Muito interessante, né?

Dentro da sua casa também existe uma aplicação deste tipo de transmissão de calor. Não sabe onde? Na sua geladeira! Se liga! A convecção ocorre porque a parte mais quente de um fluido expande e fica menos densa, subindo e sendo substituída por fluido mais frio. Assim, as moléculas quentes e frias estão trocando de lugar! É agora que entra a explicação do congelador ser sempre colocado na parte superior das geladeiras! O ar resfriado que existe nele desce e troca de lugar com o ar mais quente.

 | Todos os direitos reservados © 2018.



E os ventos na praia, como funcionam? A areia da praia tem seu calor específico sensível muito menor que o da água. Por isso ela se aquece mais rapidamente do que a água durante o dia e se resfria mais rapidamente durante a noite. Durante o dia, o ar próximo da areia fica mais quente que o restante e sobe, dando lugar a uma corrente de ar da água para a terra. Já durante a noite, o ar próximo da superfície da água se resfria menos. Dessa forma, ele fica mais quente que o restante e sobe, dando lugar a uma corrente de ar da terra para a água.

RADIAÇÃO

Alguma vez, quando você retirou comida do micro-ondas, percebeu que, ao contrário dos fornos a gás, o interior dele não estava quente? Estranho, né? Se ele não esquentou por dentro, como pode ter aquecido o alimento? Através da radiação! Não aquela radiação nuclear que você já ouviu falar, mas através das ondas eletromagnéticas! Não é necessário que ele esquente ou que aconteça o contato para transferir calor para o alimento. Mas como funciona isso, então?

 | Todos os direitos reservados © 2018.

A radiação acontece através da emissão de energia na forma de ondas eletromagnéticas. Essa emissão pode acontecer tanto por corpos quentes, como por uma fogueira ou pelo próprio Sol, quanto por uma fonte controlada, como acontece no micro-ondas. Um detalhe muito importante é que, como vamos estudar na apostila de Ondulatória, estas ondas se propagam inclusive no vácuo! E é graças a isso que o calor proveniente do Sol consegue aquecer nosso planeta e nos manter vivos!

Chegou a hora de colocarmos isso em prática! Temos alguns exercícios para você testar o que estudou.

Exercício 16: Em um laboratório de química, no meio do experimento de capacidade térmica, nota-se que já não há mais ferro, do qual seria usada a capacidade térmica. Precisa-se, então, substituir 2kg de ferro por uma massa de água. Sabe-se a capacidade térmica da água, porém não se sabe que massa de água utilizar. Considerando o calor específico da água 1cal/g°C e o do ferro 0,2cal/g°C, que massa de água deve ser usada?

a) 0,2 kg

b) 400 g

c) 800 g

d) 10 kg

e) 0,04 kg

Correta: B

Exercício 17: Considere dois corpos isolados A e B, que inicialmente estavam com temperaturas TA > TB e agora estão em contato.

Leia as afirmações abaixo:

I) Depois de um tempo muito grande, TA = TB.

II) A direção do calor é de TA para TB.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

III) A soma dos calores – o cedido pelo A e o recebido pelo B – é igual a duas vezes o calor cedido por A.

Quais afirmações estão corretas?

a) Apenas I

b) Apenas II

c) Apenas I e II

d) Apenas I e III

e) Apenas II e III

Correta: C

Exercício 18: Considere as afirmações abaixo:

I) A condução ocorre apenas em sólidos.

II) Não há necessidade de contato para haver condução de calor.

III) A condução do calor não depende da velocidade das moléculas e da taxa de colisões.

Quais afirmações são incorretas?

a) Apenas I

b) Apenas II

c) Apenas III

d) Apenas I e III

e) Todas

Correta: E

Exercício 19: Considere as afirmações:

I) A convecção acontece em sólidos.

II) A convecção tem base na transformação contínua de um fluido, através de expansão e contração.

 Todos os direitos reservados © 2018.

III) Devido ao grau de liberdade das moléculas, a convecção ocorre apenas em fluidos, como líquido e gás.

Quais afirmações estão corretas?

a) Apenas I

b) Apenas II

c) Apenas I e II

d) Apenas I e III

e) Apenas II e III

Correta: E

Exercício 20: Analise as afirmações abaixo:

I) A irradiação é a forma de transmissão de calor através de um meio material.

II) O tipo de onda eletromagnética que é emitida depende da temperatura do corpo.

III) Quanto maior a frequência de uma onda eletromagnética, maior é a temperatura do corpo que a emite.

Quais afirmações estão incorretas?

a) Apenas I e III

b) Apenas II

c) Apenas II e III

d) Apenas III

e) Apenas I

Correta: C

 | Todos os direitos reservados © 2018.

CONCLUSÃO

E aí, galera, conseguiram perceber mais um pouco da importância que a Física tem em nosso cotidiano? Esperamos que sim! Aqui no estudo da Calorimetria e da Termologia aprendemos a associar vários conceitos não usuais a questões do nosso dia a dia. Lembre-se de revisar esses conceitos e de se manter afiado no conteúdo.

Vamos estudar a Termodinâmica em nossa próxima apostila. Vamos continuar aprendendo as aplicações do estudo do calor, mais especificamente a aplicação dele no funcionamento de diversas máquinas, como os carros e os aviões. Esperamos por você lá!

 | Todos os direitos reservados © 2018.

REFERÊNCIAS

Física Conceitual. 11 ed. - Editora Bookman, 2011 - Porto Alegre. Hewitt, Paul G.

 Todos os direitos reservados © 2018.

PARTE II

FÍSICA

05

GASES E TERMODINÂMICA

meSalva!

GASES E TERMODINÂMICA

E aí, galera do Me Salva!

Vocês já imaginaram a vida sem geladeira? Sem carro, avião ou ar-condicionado? Não? Nós também não! Pois então, vamos começar esta apostila com um questionamento: vocês sabem o que todas essas coisas citadas têm em comum? Como estamos começando com uma apostila de Termodinâmica, a resposta fica fácil! São as leis da Termodinâmica que regem a troca de calor na geladeira e no ar-condicionado, assim como o funcionamento da combustão nas turbinas dos aviões e nos motores dos carros. Mas como isso é possível? É justamente isso que vamos descobrir aqui nesta apostila. Sensacional, não é?

Parece algo complicado? Não se preocupe! A única coisa necessária é a vontade de aprender como tudo isso funciona! E aí, pilhado para aprender tudo isso? Espero que sim, porque vamos começar agora!

ESTUDO DOS GASES IDEAIS

Antes de entrarmos propriamente no estudo da Termodinâmica, precisamos estudar o conceito de gás ideal. Entender isso é fundamental, pois praticamente todos os problemas que iremos analisar utilizarão este conceito.

Você lembra o que é um gás? É um dos estados físicos que estudamos em nossa última apostila! Até aí tudo bem, mas agora você pode estar se perguntando: o que é um gás ideal? É justamente isso que vamos entender agora: gás ideal é um nome dado a um modelo de estudo, em que são feitas algumas aproximações no comportamento dos gases para facilitar o estudo. Mas que aproximações são essas? Consideramos que as moléculas desse gás possuem tamanho desprezível e que não existe interação química entre elas. Desta forma, pensamos que elas estão tão afastadas umas das outras que podem se movimentar livremente e preencher todo o espaço disponível. Mas espera aí... Essas aproximações não fogem da realidade? O que adianta estudar algo diferente do que acontece de verdade? É aqui que vem a grande jogada! Esse modelo de gás ideal facilita muito nossos cálculos e ainda nos permite encontrar resultados muito próximos dos gases reais!

PROPRIEDADES DOS GASES IDEAIS

Existem três propriedades principais que devemos considerar quando estamos tratando de gases ideais. São elas:

- ✓ Pressão (P) – Resultado das colisões das moléculas do gás com as paredes do recipiente;
- ✓ Volume (V) – O espaço ocupado pelas moléculas desse gás;
- ✓ Temperatura (T) – O grau de agitação das moléculas desse gás.

LEI DOS GASES IDEAIS

Dando continuidade ao assunto que acabamos de ver, uma pergunta bem importante deve ser feita: será que existe alguma relação entre essas três propriedades? Será que uma depende da outra? A resposta disso é sim! A prova disso é que muitas vezes conseguimos deduzir intuitivamente como os gases se comportam. Quer ver isso? Imagine um gás dentro de um pote de vidro lacrado. Não entra e nem sai ar dele, ou seja, o volume e o número de mols é constante! Intuitivamente conseguimos imaginar que, se a temperatura do ar aumenta, a pressão que ele faz também aumenta, certo? Sim! E sabe o que é mais impressionante? Vamos conseguir provar isso justamente através da Lei que veremos agora!

A Lei dos Gases Ideais expressa a relação matemática entre as três propriedades dos gases que acabamos de ver. Ela é muito simples e nos permite determinar o valor de uma das variáveis de estado de um gás se conhecermos as outras duas.

$$P.V = n.R.T$$

Em que P é a pressão, V é o volume e T é a temperatura. O outro termo (n) representa o número de mols. E o R? Ele é a constante universal dos gases ideais, cujo valor no SI é de 8.31 J/mol.K. Como normalmente n

 Todos os direitos reservados © 2018.

também é constante, ficamos apenas em função das três propriedades vistas anteriormente!

E agora, consegui entender como estávamos certos no exemplo anterior? A equação que acabamos de ver nos diz que a pressão e a temperatura são diretamente proporcionais. Assim, quando todos os outros termos são constantes, ao aumentar uma destas variáveis, a outra aumenta também!

Lembre-se! Em todas as equações que envolvem gases, a temperatura que entra na equação é medida em Kelvin! Ou seja, se a temperatura aparecer em Graus Celsius, não esqueça de transformar para Kelvin, somando 273!

Agora é sua vez de praticar! Aproveite estes exercícios para testar o que você aprendeu sobre os gases ideais:

Exercício 1: Quais das características a seguir definem um gás ideal?

I –Partículas diferentes umas das outras;

II- Partículas de tamanho desprezível;

III – Partículas livres, sem interação intermolecular;

IV – Gases da família de gás nobre na tabela periódica.

a) I e II

b) II e III

c) I e IV

d) I, II, III e IV

e) II e IV

Correta: B

Exercício 2: Considere um mol de gás ideal nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP). Determine qual o

seu volume, sabendo que a constante R é dada em j/mol K. (Dados: R=8,31 e 1atm = 101325 Pa)

a) 22,7 L

b) 22,4 L

c) 22,4 m^3

d) 20 m^3

e) 20 L

Correta: B

Exercício 3: Dado um gás ideal em um recipiente vedado, o que acontece com a pressão do sistema quando temos uma diminuição da temperatura do gás?

a) Aumenta, pois é inversamente proporcional à temperatura.

b) Diminui, pois é diretamente proporcional à temperatura.

c) Fica constante, pois só varia com a alteração do volume.

d) Aumenta, pois, com uma temperatura menor, as partículas estão mais próximas, o que gera maior pressão.

e) Diminui, pois a pressão sempre diminui com o passar do tempo;

Correta: B

TRANSFORMAÇÕES GASOSAS

Lembra daquele exemplo do vidro lacrado cheio de ar sendo aquecido? Pois então, quando esquentamos um gás, ele sofre uma transformação. Neste caso, aumentamos sua temperatura e mantivemos o volume constante, o que resultou em um aumento de pressão. São justamente estas transformações que os gases sofrem que estudaremos agora! Irado, não é?

Antes de começarmos, precisamos lembrar de algumas coisas básicas. Já vimos que a Lei dos Gases Ideais envolve basicamente três

variáveis muito importantes: a temperatura, a pressão e o volume. Lembra disso? Para facilitar nosso estudo, iremos dividir as transformações em três tipos distintos, em que cada uma dessas propriedades é constante. Começaremos analisando a transformação isotérmica, quando a temperatura é constante; em seguida, veremos a isovolumétrica, quando o volume é constante; e, por último, estudaremos a transformação isobárica, quando a pressão é constante. Preparado?

ISOTÉRMICA

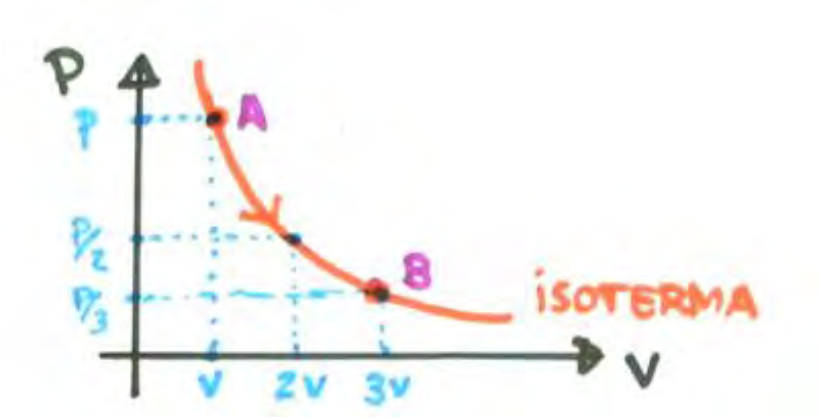
Esse é o caso em que a temperatura fica constante! Se pensarmos em um mesmo gás ideal sofrendo transformação de um estado 1 para um estado 2, a temperatura dele não irá se alterar. Sendo assim, analisaremos qual é a relação entre o volume e a pressão desse gás nos dois estados. Matematicamente, essa relação pode ser deduzida da Lei dos Gases Ideais e é escrita pela seguinte equação:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

Em outras palavras, podemos dizer que, se aumentarmos a pressão sobre o gás, o seu volume diminuirá, e vice-versa.

Outra informação muito importante nessa transformação é o gráfico! Sabendo que o produto pressão por volume é constante, este gráfico forma um tipo de hipérbole muito importante, chamada de isoterma. Se liga no gráfico abaixo, ele representa exatamente o que foi descrito!

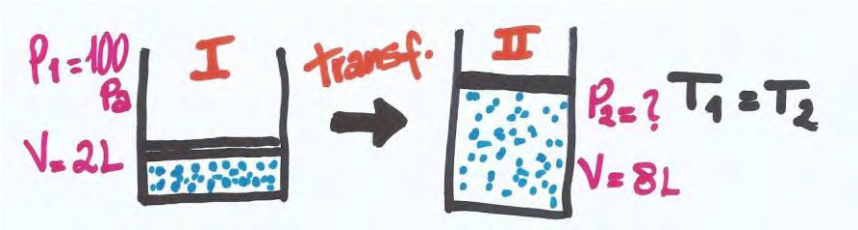
 | Todos os direitos reservados © 2018.



Relembrando a Matemática! Duas grandezas são inversamente proporcionais quando o produto entre elas origina uma constante.

Vamos colocar isso na prática! Aqui tem um exercício sobre uma transformação isotérmica para você testar o que estudamos:

Exercício 4: De I para II ocorre uma transformação isotérmica. Determine, a partir dos dados iniciais, qual o valor da pressão do gás ideal no segundo momento.



a) 100 Pa.

b) 75 Pa.

c) 25 Pa.

d) 50 Pa.

e) 5 Pa.

Correta: C

 Todos os direitos reservados © 2018.

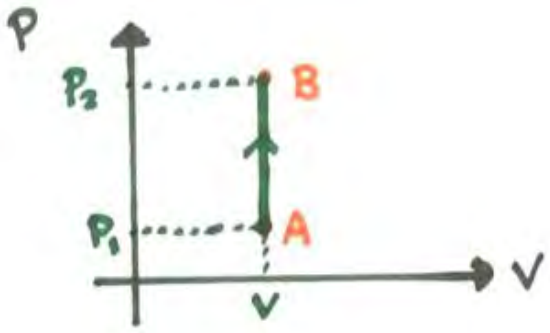
ISOCÓRICA OU ISOVOLUMÉTRICA

Esse é o caso em que o volume fica constante! Podemos continuar com o exemplo que vimos antes para entendermos essa transformação: vamos pensar naquele gás sofrendo uma transformação de um estado 1, em ele está à temperatura ambiente, para um estado 2, no qual ele está muito quente. Como o volume é constante, estamos interessados na relação entre a temperatura e a pressão. Assim, se conhecermos a pressão inicial, podemos utilizar uma relação proveniente da Lei dos Gases Ideias para encontrar a pressão após a transformação. Essa relação é dada por:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Em outras palavras, podemos dizer que, se aumentarmos a temperatura do gás, sua pressão também irá aumentar.

Pensando novamente em um gráfico pressão por volume, a representação dessa transformação será apenas uma linha vertical reta. Se liga no gráfico a seguir, ele representa exatamente isso!

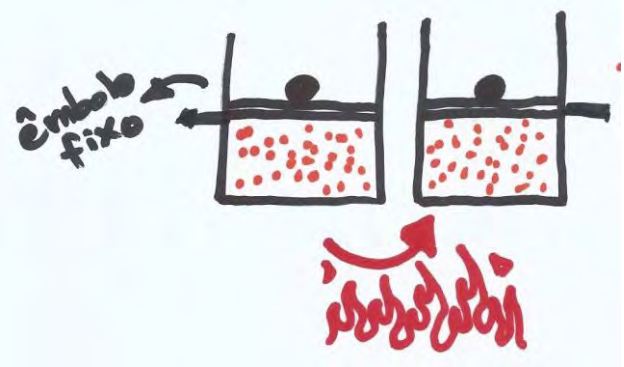


Vamos praticar? Temos um exercício para você aplicar o que acabamos de estudar:

Exercício 5: Duas panelas estão com as tampas vedadas, ou seja, os êmbolos estão fixos no recipiente. Quando triplicamos

 Todos os direitos reservados © 2018.

a temperatura do gás ideal dentro da panela, o que ocorre com a sua pressão?



a) P1 = 3P2.

b) P1 = 6P2.

c) P2 = $P1^3$.

d) P2 = P1.

e) P2 = 3P1.

Correta: E

ISOBÁRICA

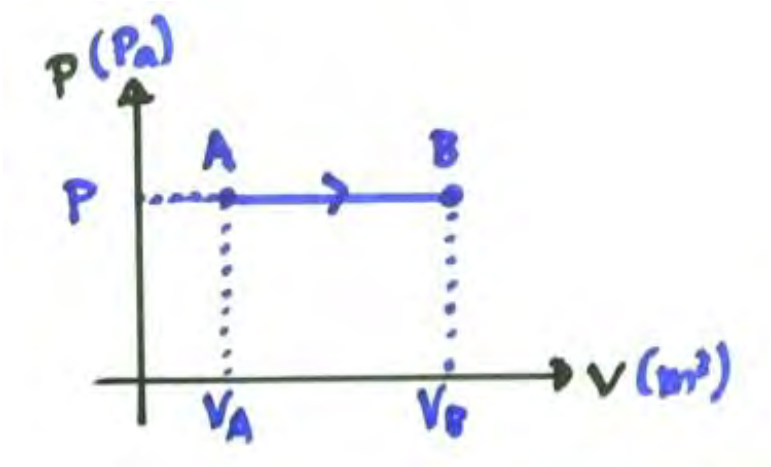
Aqui a pressão é constante! Nesse último caso, analisaremos a relação entre o volume e a temperatura. Podemos pensar novamente em um gás ideal sofrendo uma transformação de um estado 1 para um estado 2. A relação entre as propriedades desse gás nos dois estados se mantém pela seguinte equação:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Em outras palavras, podemos dizer que, se aumentarmos a temperatura do sistema, o volume ocupado pelo gás também aumentará. Por outro lado, com a diminuição da temperatura, o gás ocupará um volume menor.

 Todos os direitos reservados © 2018.

Pensando novamente em um gráfico pressão por volume, ao contrário do caso anterior, aqui a representação será apenas uma linha horizontal reta. Se liga nesse gráfico aqui embaixo, ele representa exatamente isso!



Vamos colocar isso em prática! Temos mais dois exercícios sobre transformações gasosas para você aplicar o que estudamos.

Exercício 6: Um gás ideal sofre uma transformação isobárica. Sabendo que o volume do gás aumentou 25% no processo, determine quanto a temperatura subiu de T1 para T2.

a) 1.

b) 0,5.

c) 0,25.

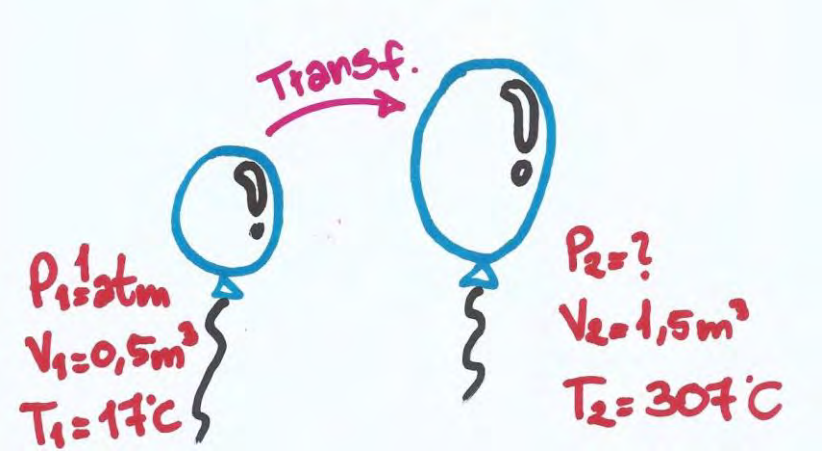
d) 0,75.

e) 0,3.

Correta: C

 Todos os direitos reservados © 2018.

Exercício 7: Dada a transformação apresentada na imagem com gás ideal, determine, a partir dos dados, qual a pressão no segundo balão.



a) 3/2 atm.

b) 2/3 atm.

c) 1 atm.

d) ½ atm.

e) 1/4 atm.

Correta: B

TERMODINÂMICA

Já ouviu falar em Revolução Industrial? Sim, aquela mesma das aulas de História e Geografia, lembra? Muito provavelmente você conhece o lado histórico dela, mas e o lado físico? Sim, existe Física por trás dela e você vai entender isso agora! A Termodinâmica foi um pilar fundamental para que as máquinas a vapor fossem criadas! Trens, navios e as indústrias de produção têxtil foram totalmente modernizadas, algo fundamental para que a revolução ganhasse forma.

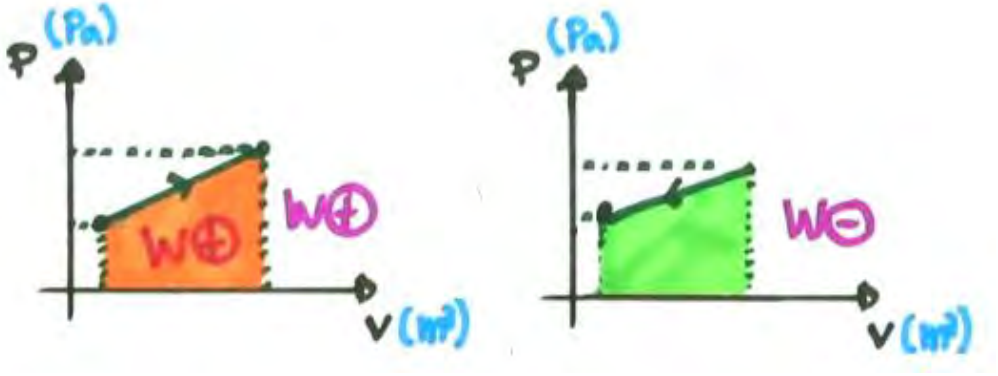
Mas não pense que a pesquisa sobre a Termodinâmica ficou no passado! Atualmente o estudo da Termodinâmica procura meios de utilizar a energia da melhor forma possível, desde as inovações nos motores até a criação de novas tecnologias.

Mas então, o que exatamente iremos estudar aqui? Estudaremos as relações entre calor, trabalho e as propriedades de um sistema. Focaremos principalmente em problemas nos quais o sistema é um gás.

TRABALHO TERMODINÂMICO (W)

Já conhecemos o conceito de trabalho de apostilas anteriores, lembra? Aqui nesta apostila definiremos trabalho como sendo uma medida da energia que um gás gasta ao se expandir ou a energia que ele recebe ao ser comprimido. Esse é um conceito fundamental para nosso estudo, por isso é interessante que você dê uma atenção especial a ele. Como estamos tratando de energia, a unidade desta grandeza é o Joule [J]!

Aqui é muito importante que saibamos interpretar os gráficos! Assim como foi feito nas transformações gasosas, novamente utilizaremos um gráfico de pressão por volume. A ideia fundamental que você precisa lembrar é que o trabalho que um gás realiza é definido pela área embaixo do gráfico Pressão x Volume! Se liga nos gráficos a seguir, eles vão te ajudar a entender isso.



Através destes gráficos conseguimos perceber que o trabalho realizado pelo gás depende da variação de volume! Se o volume aumenta, o trabalho realizado é positivo, ou seja, o gás se expande e perde energia; se o volume diminui, o gás realiza um trabalho negativo. Ele se comprime e ganha energia. Mas e se não há variação de volume? Então o gás não realiza trabalho! É exatamente o caso das transformações isovolumétricas que vimos anteriormente!

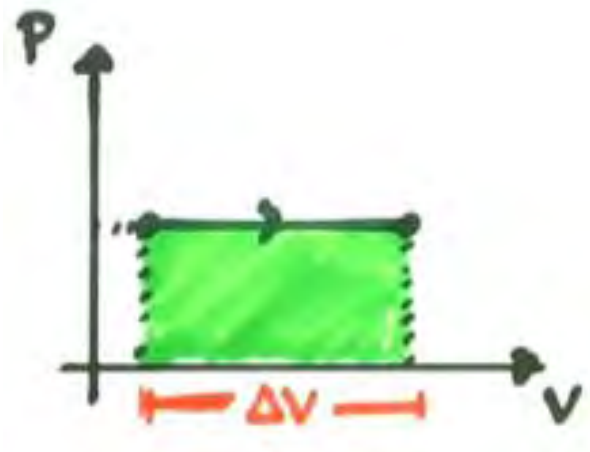
$$W = 0$$

 Todos os direitos reservados © 2018.

Em transformações isobáricas, nas quais a pressão é constante, existe uma equação que nos permite encontrar o trabalho realizado pelo sistema.

$$W = P.\Delta V$$

Lembra do gráfico desta transformação? Podemos deduzir esta equação dele. Se liga!



Agora é sua vez de praticar. Aproveite este exercício para testar o que você estudou sobre o trabalho termodinâmico!

Exercício 8: Qual das afirmações a seguir, sobre o trabalho termodinâmico, estão corretas?

I - Na transformação Isocórica, não é realizado trabalho;

II - Em uma expansão, o gás realiza trabalho termodinâmico;

III - Em uma compressão, o gás recebe energia na forma de trabalho;

IV - Dado um gráfico PxV, o trabalho pode ser calculado a partir da área sob a linha que define a transformação até o eixo do volume;

a) I e IV

b) I, II e IV

 Todos os direitos reservados © 2018.

c) I, III e IV

d) II e III

e) I, II, III e IV

Correta: E

Exercício 9: Determine qual afirmação está correta a respeito do trabalho termodinâmico.

a) O trabalho está diretamente ligado à pressão no sistema de gás ideal.

b) O trabalho termodinâmico mede a energia no interior do gás.

c) O trabalho termodinâmico mede a energia que o gás gasta, ou recebe, para variar de volume.

d) O trabalho termodinâmico é determinado pela temperatura do gás: quanto maior a temperatura, maior será o seu trabalho.

e) O trabalho termodinâmico precisa ser constante em uma transformação gasosa, ou seja, nunca muda, independente do que aconteça.

Correta: C

ENERGIA INTERNA (U)

Um bom modo de começarmos a entender o que é a Energia Interna é lembrarmos de algumas definições que vimos lá na nossa última apostila. Lembra quando discutimos a Calorimetria e concluímos que um corpo não pode possuir calor? Naquele momento falamos muito sobre a energia das moléculas dos corpos, mas não nos aprofundarmos nisso. Pois então, vamos justamente entender mais sobre aquela energia!

 Todos os direitos reservados © 2018.

Cada molécula dentro dos corpos está em movimento e, consequentemente, possui energia. A energia interna é justamente a soma da energia de todas as moléculas de um corpo. Quando um corpo recebe calor, sua energia interna aumenta. Quando ele transfere calor para outro corpo ou para o meio, a agitação de suas moléculas diminui e sua energia interna também diminui.

ENERGIA INTERNA DOS GASES

Assim como discutimos antes, no casos dos gases, a energia interna também representa a energia total que um gás possui. Mas o mais importante vem agora! Lembra quando estudamos o que é um gás ideal? Vimos que não há forças intermoleculares neste tipo de gás, a única forma de energia que as moléculas possuem é cinética. Mas espera aí, de onde vem a energia cinética dessas moléculas? Da agitação térmica delas. Em outras palavras, da temperatura em que o gás se encontra!

Mas então, o que podemos concluir de tudo isso? Sim! Isso mesmo que você está pensando. Em um gás ideal, a energia interna só depende da temperatura em que ele se encontra! Se liga nessa equação aqui embaixo, ela mostra exatamente essa dependência da temperatura e nos permite encontrar a energia interna de um gás!

$$U = \frac{3}{2} nRT$$

Bem importante! A energia interna não é propriedade de uma substância, mas de um corpo! Podemos pensar nisso comparando a quantidade de energia que um balde cheio de água possui em relação a uma xícara cheia de água: por mais que nos dois casos a substância seja a água, o balde cheio possui muito mais energia interna.

Chegou a hora de colocarmos isso em prática! Temos alguns exercícios para você aplicar o conceito de energia interna.

 Todos os direitos reservados © 2018.

Exercício 10: Assinale a alternativa que traz apenas as afirmações corretas sobre a energia interna de um gás ideal.

I – Para calcular a energia interna de qualquer gás ideal, basta usar a expressão U = 2/3 nRT;

II – A energia interna do gás ideal é diretamente proporcional à temperatura do gás ideal;

III – Quando tratamos de um gás ideal, por não considerarmos interações entre as moléculas do gás, dizemos que sua energia é expressão direta de sua energia cinética.

a) I

b) II

c) III

d) I e II

e) II e III

Correta: E

LEI ZERO DA TERMODINÂMICA

Essa Lei é chamada de Lei Zero justamente porque ela serve de base para praticamente tudo que estudaremos na Termodinâmica. Bom, vamos lá: essa Lei diz que se um copo de água e um pedaço de ferro estão em equilíbrio térmico, então alguma coisa em comum existe entre eles. Em outras palavras, ela diz que, independentemente de quais sejam os materiais ou as formas de dois objetos, se eles estiverem em equilíbrio térmico, então alguma coisa deve ser igual entre eles. E muito provavelmente você sabe o que é essa "coisa", não é? Se você pensou que é a temperatura, você está completamente certo!

"Considere três corpos A, B e C. Se A está em equilíbrio térmico com B, e B está em equilíbrio térmico com C, então A está em equilíbrio térmico com C."

Você pode achar que a afirmação da Lei Zero não faz muito sentido, afinal, conseguimos deduzir o que ela diz intuitivamente. Mas essa é justamente o propósito dela! Além disso, é esta Lei que nos permite usar um termômetro. Ela garante que, se você checar a temperatura de uma piscina com um termômetro e depois checar a sua temperatura e o resultado for o mesmo, a sua temperatura é igual à da piscina.

E aí, pronto para praticar o que acabamos de estudar? Temos dois exercícios para você fazer o teste!

Exercício 11: Qual(is) das afirmações trata da Lei Zero da Termodinâmica?

I - O calor não pode fluir, de forma espontânea, de um corpo de temperatura menor para um outro corpo de temperatura mais alta.

II - É impossível a construção de uma máquina que, operando em um ciclo termodinâmico, converta toda a quantidade de calor recebido em trabalho.

III – Se dois corpos estiverem em equilíbrio térmico com um terceiro, então estão em equilíbrio térmico entre si.

IV – É possível determinar a temperatura de um corpo A, em equilíbrio térmico com um corpo B, sabendo que o termômetro está em equilíbrio térmico com B.

a) I e II

b) I e III

c) III e IV

d) III

e) IV

Correta: C

Exercício 12: Qual das alternativas apresenta um uso direto da Lei Zero da Termodinâmica?

 Todos os direitos reservados © 2018.

a) Uma máquina térmica realiza trabalho a partir do calor Q recebido.

b) Um termômetro mede a temperatura interna do corpo humano a partir do contato com a pele.

c) Uma máquina térmica converte toda o calor recebido em trabalho.

d) Uma geladeira realiza trabalho para esfriar os alimentos.

e) Uma geladeira converte calor em frio.

Correta: B

PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA

Lembra lá em Mecânica, quando vimos que a energia total era conservada em sistema isolados? Pois então, a Primeira Lei da Termodinâmica trata exatamente disso! A grande diferença é aqui faremos uma análise para sistemas termodinâmicos que podem receber calor e realizar trabalho. Partiremos do princípio de que um sistema não pode criar ou consumir energia, apenas trocar com o meio em que está inserido. Pronto para entender esta Lei? Vamos lá!

A Primeira Lei da Termodinâmica diz que podem acontecer duas coisas quando um sistema recebe uma quantidade de calor (Q). A primeira coisa que pode acontecer é uma variação da energia interna. Lembra com o que a energia interna está diretamente relacionada? Isso aí! Com a temperatura! Então podemos concluir que, se um sistema recebe calor, sua temperatura pode aumentar. A outra coisa que pode acontecer é esse gás realizar trabalho. Lembra com o que o trabalho está relacionado? Com a variação de volume! Então concluímos que, ao receber calor, um gás pode se expandir. As duas coisas juntas podem acontecer também! Assim, a soma dessas duas parcelas é igual ao calor recebido. Isso é descrito matematicamente através da seguinte equação:

$$Q = W + \Delta U$$

 Todos os direitos reservados © 2018.

Pensando em um exemplo, quando colocamos um recipiente com gás sobre uma chama, ele receber calor dela e se expande, realizando trabalho e aumentando sua temperatura.

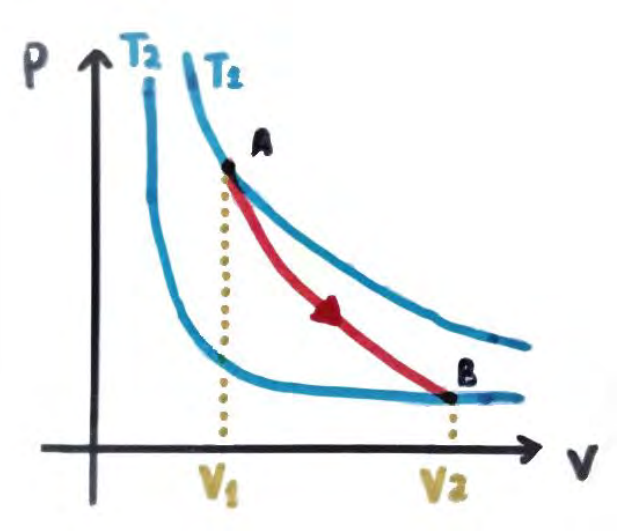
TRANSFORMAÇÃO ADIABÁTICA

Este é um tipo de transformação diferente das que vimos anteriormente. Aqui não tratamos uma variável como constante, mas como nula. Fica tranquilo que é fácil. Transformação Adiabática é aquela que acontece sem troca de calor (Q = 0).

Mas espera aí, o que acontece se o sistema não recebe calor? Como o calor recebido por este gás é nulo, ele terá que gastar sua energia interna ao se expandir. Matematicamente, isso pode ser escrito como:

$$W = -\Delta U$$

Ou seja, numa transformação adiabática, o gás esfria quando expande e esquenta quando é comprimido. O gráfico dessa transformação também é muito importante e representa exatamente o que foi descrito! Se liga!



 | Todos os direitos reservados © 2018.

Muito interessante! O gráfico da adiabática fica entre duas isotermas.

Vamos colocar isso na prática! Aqui tem um exercício sobre uma transformação adiabática para você testar o que estudou.

Exercício 13: Um gás ideal realiza uma expansão de maneira praticamente instantânea. Dito isso, considere as afirmações a seguir e determine quais estão corretas.

I – Como ocorreu uma expansão, o gás ideal realizou trabalho e, assim, perdeu energia interna;

II – Como ocorreu uma expansão, o gás ideal recebeu calor e, assim, aumentou sua energia interna;

III – Como a transformação foi de maneira praticamente instantânea, não houve variação na energia interna do gás.

a) I

b) II

c) I e II

d) I e III

e) II e III

Correta: A

RESUMO DAS TRANSFORMAÇÕES

Tudo certo com as quatro transformações que vimos durante a apostila? Agora que já estudamos a última delas, a transformação adiabática, é fundamental que consigamos separar e distinguir o que cada transformação tem de importante. Se liga na tabela abaixo, ela possui as características mais importantes de cada transformação e o formato que a primeira Lei da Termodinâmica assume em cada caso.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Transformação	Observação	1ª Lei
Isotérmica	$\Delta U = 0$	$Q = W$
Isovolumétrica	$W = 0$	$Q = \Delta U$
Isobárica	$\|Q\| > \|W\|$	$\Delta U = Q - W$
Adiabática	$Q = 0$	$\Delta U = -W$

MÁQUINA TÉRMICA

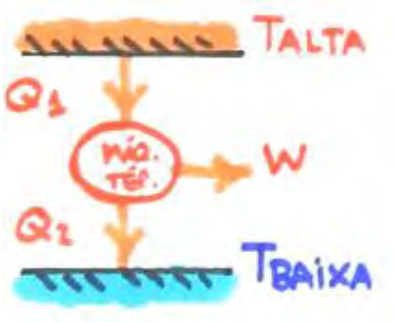
Lembra da geladeira, do ar-condicionado e dos motores dos carros que discutimos no início desta apostila? Pois então, eles são exemplos de máquinas térmicas! Mas espera aí... Você deve estar se perguntando: "afinal o que é uma máquina térmica?".

Máquina térmica é um dispositivo que recebe calor e o transforma em trabalho! Também podemos dizer que ela transforma a energia interna de um combustível em energia mecânica.

FUNCIONAMENTO DAS MÁQUINAS TÉRMICAS

Basicamente, uma máquina térmica funciona através de dois reservatórios. O calor flui do reservatório onde a temperatura é mais elevada, chamado de fonte quente, para o reservatório onde a temperatura é mais baixa, chamado de fonte fria. Parte do calor que sai da fonte quente é transformado em trabalho. Se liga na figura abaixo, ela mostra o esquema de funcionamento de uma máquina térmica!

 | Todos os direitos reservados © 2018.



Mas espera aí! Você pode estar pensando: “se uma parte do calor foi convertida em trabalho, para onde foi o resto?”. A outra parte é dissipada na fonte fria! Assim, uma máquina térmica nunca possuirá o rendimento máximo.

Tudo bem, o rendimento não é máximo. Mas então como podemos saber qual é este rendimento? Essa resposta é fácil! Existe uma equação que nos permite calculá-lo. O rendimento é a razão entre o trabalho que a máquina realiza e o calor que entra nela.

$$\eta = \frac{W}{Q_1}$$

Muito Importante! Como o rendimento de uma máquina térmica não é máximo, ele sempre será um valor menor do que 1 ou 100%.

Mas e na prática? Como funcionam as máquinas térmicas mais comuns em nosso cotidiano? Vamos ver isso agora!

MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

Os motores dos carros são máquinas térmicas! Mas espera aí, você sabia que o primeiros motores foram criados para utilização nas locomotivas? Sim, essa invenção foi muito importante, possibilitou não somente o transporte de cargas, mas também uma significativa diminuição no tempo das viagens de longo percurso. Com o passar

 | Todos os direitos reservados © 2018.

do tempo, as locomotivas foram sendo aperfeiçoadas e, em 1924, os seus motores a vapor, de combustão externa, foram substituídos por motor diesel de combustão interna!

E os automóveis, onde entram nisso? Assim como os caminhões e os ônibus, seus motores também funcionam através da queima interna de combustível. E aí, achou interessante? Não terminou ainda. Está preparado para entender o funcionamento deles?

Esses motores trabalham numa sequência de quatro movimentos do pistão no cilindro, o que completa um ciclo. A primeira etapa é a admissão. Nela o pistão desce enquanto aspira uma mistura gasosa de ar e combustível. A pressão é mantida constante. Lembra como se chamava este processo? Isobárico!

No segundo tempo, a válvula de admissão se fecha enquanto o pistão se move para cima, comprimindo a mistura gasosa. Há aumento de pressão e de temperatura através de um processo adiabático. Lembra o que é isso? Quer dizer que não há troca de calor da mistura com o meio! Na próxima etapa ocorre a máxima compressão. Uma faísca provoca uma explosão que causa o aumento de temperatura, aumentando a pressão no interior do cilindro e resultando na expansão da mistura gasosa. Novamente ocorre um processo adiabático.

A etapa final é a exaustão! Após a expansão, a válvula de escape é aberta e o gás que se encontra no interior do cilindro escapa para a atmosfera. O ciclo termina quando o pistão sobe, retomando o volume mínimo e expulsando quase todo o gás restante para a atmosfera.

REFRIGERADOR

E o refrigerador, como funciona? Ele é uma máquina térmica invertida que também opera em ciclos! Como transfere calor da fonte fria para a fonte quente, é necessário fornecer trabalho para este processo! Mas o que são as fontes da geladeira? De onde vem este trabalho? Vamos explicar isso agora!

 Todos os direitos reservados © 2018.

A fonte fria é justamente a parte interna, e a fonte quente é o ambiente externo. Já o trabalho é fornecido pelo compressor, que é acionado por um motor elétrico. A troca de calor se dá por convecção!

AR CONDICIONADO

Os aparelhos de ar-condicionado funcionam de uma forma muito parecida com os refrigeradores: eles são considerados máquinas térmicas invertidas, pois transferem calor de uma região fria para uma mais quente.

Esses aparelhos são constituídos por um compressor, um condensador e um evaporador. Neles, o ar do ambiente passa por um filtro, onde o pó e a umidade são retidos. Em seguida, este ar entra em contato com a serpentina, onde é resfriado, retornando ao ambiente através de um ventilador.

Alguma vez você já pensou porque uma parte do ar-condicionado precisa ficar do lado de fora dos ambientes? A resposta é simples! Esta parte é chamada de condensador e aquece muito! Como esse excesso de calor aqueceria o ar do ambiente, o condensador é mantido na parte externa.

Chegou a hora de colocarmos esses conceitos em prática. Aqui vai um exercício sobre máquinas térmicas!

Exercício 14: Uma máquina térmica realiza um trabalho de 100J com um rendimento de 40%. Determine quantos joules de calor são liberados pela máquina térmica.

a) 100J

b) 200J

c) 150J

d) 50J

e) 25J

Correta: C

 Todos os direitos reservados © 2018.

SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

Enquanto a Primeira Lei fala sobre a conversão de uma forma de energia em outra, a Segunda Lei trata das limitações desse processo. É esta a lei que define quais processos podem ou não acontecer.

Esta lei basicamente expressa algo completamente intuitivo! Ela diz que o calor flui de maneira espontânea do corpo quente para o corpo frio. Notaram a palavra espontânea? Isso significa que o calor pode sim passar de um corpo frio para um corpo quente, mas só se for forçado a isso.

CICLO DE CARNOT

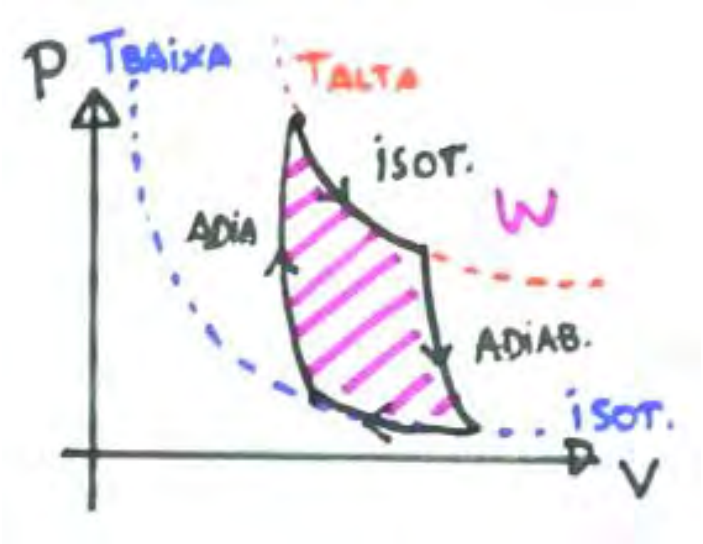
Este ciclo termodinâmico é muito importante! Você precisa entendê-lo! Mas por que ele é tão importante? Este é o ciclo que uma máquina deve seguir para ter o máximo rendimento teórico possível. Você não pode esquecer que ele é um ciclo ideal, ou seja, nenhuma máquina pode ter rendimento melhor que o ciclo de Carnot. Este rendimento máximo é dado pela seguinte equação:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Para que este rendimento máximo seja alcançado, todos os processos devem ocorrer sem atrito!

Além disso, é necessário que você saiba reconhecer o gráfico de um ciclo de Carnot. Não se preocupe, ele possui uma característica específica que facilita muito o reconhecimento: é composto por duas adiabáticas entre duas isotermas. Se liga!

 Todos os direitos reservados © 2018.



E aí, pronto para praticar o que estudamos? Temos cinco exercícios para você fazer o teste!

Exercício 15: Determine quais afirmações estão corretas em relação à Segunda Lei da Termodinâmica.

I – A Segunda Lei da Termodinâmica é baseada exclusivamente na conservação de energia;

II – De acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica, não existe máquina térmica perfeita;

III – É necessário trabalho para passar calor de um corpo mais frio para outro mais quente.

a) I e II

b) II e III

c) I, II e III

d) III

e) II

Correta: B

 Todos os direitos reservados © 2018.

Exercício 16: Dadas as afirmações a seguir, determine quais são referentes à Segunda Lei da Termodinâmica.

I - O calor não pode fluir, de forma espontânea, de um corpo de temperatura menor para um outro corpo de temperatura mais alta.

II - É impossível a construção de uma máquina que, operando em um ciclo termodinâmico, converta toda a quantidade de calor recebido em trabalho.

III - Se dois corpos estiverem em equilíbrio térmico com um terceiro, então estão em equilíbrio térmico entre si.

IV - É possível determinar a temperatura de um corpo A, em equilíbrio térmico com um corpo B, sabendo que o termômetro está em equilíbrio térmico com B.

a) I e II

b) III e IV

c) II e III

d) I e IV

e) I, II, II e IV

Correta: A

Exercício 17: São feitas algumas afirmações sobre transformações cíclicas. Determine quais estão erradas.

I – A variação de energia interna em uma transformação cíclica é nula.

II – O trabalho, em uma transformação cíclica, é sempre positivo.

III – Ao completar um ciclo, o gás tem a mesma temperatura com a qual começou a transformação.

IV – Uma transformação cíclica é, obrigatoriamente, composta de transformações conhecidas, como adiabática, isocórica, etc;

a) I e III

b) I e II

 Todos os direitos reservados © 2018.

c) II e III

d) I e IV

e) III e IV

Correta: A

Exercício 18: (ENEM 2012) Aumentar a eficiência na queima de combustível dos motores a combustão e reduzir suas emissões de poluentes é a meta de qualquer fabricante de motores. É também o foco de uma pesquisa brasileira que envolve experimentos com plasma, o quarto estado da matéria e que está presente no processo de ignição. A interação da faísca emitida pela vela de ignição com as moléculas de combustível gera o plasma e provoca a explosão liberadora de energia que, por sua vez, faz o motor funcionar.

Disponível em: www.inovacaotecnologica.com.br. Acesso em: 22 jul. 2010 (adaptado).

No entanto, a busca da eficiência referenciada no texto apresenta como fator limitante:

a) o tipo de combustível, fóssil, que utilizam. Sendo um insumo não renovável, em algum momento estará esgotado.

b) um dos princípios da Termodinâmica, segundo o qual o rendimento de uma máquina térmica nunca atinge o ideal.

c) o funcionamento cíclico de todos os motores. A repetição contínua dos movimentos exige que parte da energia seja transferida ao próximo ciclo.

d) as forças de atrito inevitável entre as peças. Tais forças provocam desgastes contínuos que, com o tempo, levam qualquer material à fadiga e ruptura.

e) a temperatura em que eles trabalham. Para atingir o plasma, é necessária uma temperatura maior que a de fusão do aço com que se fazem os motores.

Correta: B

Exercício 19: (ENEM 2011) Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No

caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar. Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizada para a realização de trabalho. Isso quer dizer que há vazamento da energia em outra forma.

CARVALHO, A. X. Z. Física Térmica. Belo Horizonte: Pax, 2009 (adaptado).

De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes da

a) liberação de calor dentro do motor ser impossível.

b) realização de trabalho pelo motor ser incontrolável.

c) conversão integral de calor em trabalho ser impossível.

d) transformação de energia térmica em cinética ser impossível.

e) utilização de energia potencial do combustível ser incontrolável.

Correta: C

CONCLUSÃO

E aí, percebeu como a Termodinâmica explica diversas coisas do nosso cotidiano? Esperamos que sim! Nesta apostila aprendemos vários conceitos bem específicos, e justamente por isso é muito importante que você não deixe de fazer os exercícios e revisar o conteúdo. Só assim você vai mantê-lo na ponta da língua.

Fizemos o estudo completo das aplicações do calor e começaremos a aprender outra parte muito massa da Física em nossa próxima apostila: a Ondulatória! Esperamos vocês lá!

 | Todos os direitos reservados © 2018.

REFERÊNCIAS

HEWITT, Paul G. Física Conceitual. 11 ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

Um novo jeito de aprender. O seu jeito. | Todos os direitos reservados © 2018.

PARTE II

FÍSICA

06

ONDULATÓRIA

meSalva!

ONDULATÓRIA

E aí, galera do Me Salva!

Nessa apostila estudaremos algo que certamente vocês já ouviram falar, estudaremos as ondas! Ondas, o que é isso? Tenho certeza que a primeira coisa que veio à cabeça de vocês foram as ondas do mar, não é verdade?. E isto está perfeitamente correto, também estudaremos essas ondas! Mas elas são apenas uma particularidade de um grande universo de tipos de ondas que existe.

Já parou para pensar como funciona o rádio da sua casa? Será que ele simplesmente começa a fazer barulho do nada? Claro que não! Existe um sinal que é transmitido e chega até ele. E adivinhe, esse sinal também é um tipo de onda! Uma onda eletromagnética. Ainda envolvendo o rádio, vocês também podem se questionar: como nós percebemos esse barulho que o rádio faz? Isso é muito simples: através do som! A grande novidade vem agora: o som também é uma onda! Uma onda mecânica.

Espera aí! Como essas duas coisas podem ser ondas mesmo sendo tão diferentes das ondas do mar? É exatamente isso que trataremos nesta apostila! Aqui você vai aprender a diferenciar e analisar todos os tipos de onda que podemos encontrar em nossas vidas! Todos preparados? Vamos lá!

ONDULATÓRIA

Bom, já sabemos que a Ondulatória é a parte da Física que trata das ondas, certo? Mas espera aí, o que exatamente são as ondas? Como já percebemos na introdução desta apostila, todos nós já temos uma definição sobre as ondas, certo?. Pois então, a Física também tem, e é fundamental que você tenha a conheça. Dizemos na Física que as ondas são movimentos oscilatórios que acontecem através da perturbação de um meio. Outra coisa muito importante que já precisamos saber é que, através de seu movimento, as ondas não transportam matéria, apenas energia.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

CLASSIFICAÇÃO DAS ONDAS

Ondas sonoras, ondas de rádio, microondas, ondas do mar... Como você pode ver, existem diversos tipos de ondas em nosso cotidiano, uns muito distintos dos outros. Mas sabe o que é o mais interessante? Apesar de parecem tão diferentes umas das outras, todas as ondas podem ser divididas e classificadas conforme dois parâmetros: sua natureza e sua forma de propagação.

NATUREZA DA ONDA

Essa é o principal meio pelo qual classificaremos as ondas. Analisando qualquer onda que exista, podemos ter uma certeza: ou ela será de natureza mecânica ou ela será de natureza eletromagnética. Mas e na prática, como podemos saber qual é a natureza de uma onda? Ou então quais são as diferenças entre esses dois tipos? É exatamente isso que estudaremos agora!

- ✓ **Ondas Mecânicas:** ondas de natureza mecânica são perturbações em um meio material, ou seja, elas se propagam através de qualquer material que possua moléculas. Esses materiais podem ser os mais diversos, desde água, ar e óleo até um barbante ou um fio feito de ferro! Sabendo disso podemos chegar em uma conclusão bem importante: esse tipo de onda não se propaga em meios sem material, como o vácuo que existe no espaço. Exemplos de ondas dessa natureza são os mais diversos, desde as ondas do mar e o som que escutamos até as ondas de propagação de uma mola!

- ✓ **Ondas Eletromagnéticas**: Para entendermos esse tipo de ondas vamos precisar utilizar um pouco dos conhecimentos que adquirimos lá na

 | Todos os direitos reservados © 2018.

apostila de Eletromagnetismo: as ondas eletromagnéticas são perturbações em campos elétricos e magnéticos. Imagine que, ao invés de uma corda oscilando, temos as linhas de campo elétrico e magnético mudando de direção constantemente. Mas espera aí, como isso acontece? O modo mais comum de gerar esse tipo de ondas é através da oscilação de cargas elétricas. Estranho, não é? Pois é, mas apesar de parecerem ondas tão incomuns, este tipo está mais presente em nosso dia a dia do que você imagina! Praticamente toda tecnologia que utilizamos funciona através de ondas eletromagnéticas, desde as ondas de rádio até o sinal de celular e a wi-fi.

Uma grande diferença em relação às ondas mecânicas é que as ondas eletromagnéticas oscilam em duas direções e podem se propagar, não somente em meios materiais, mas também no vácuo!

Curiosidades! Se alguma vez você já olhou Star Wars, Star Trek ou então qualquer outro filme de ficção científica, com certeza deve ter visto aquelas explosões de naves que acontecem no espaço e geram um barulhão, certo? E nós te dissermos que existe um erro físico nessas explosões, você consegue identificá-lo? Uma dica: lembre o que aprendemos sobre as ondas mecânicas! Agora ficou mais fácil, não é? Para responder isso basta você lembrar que o som é uma onda mecânica e que este tipo de onda não se propaga no vácuo. É justamente aqui que está o erro! As explosões realmente podem acontecer no espaço; entretanto, elas não geram som algum!

Então já sabe né: se alguém te disser que a velocidade do som é de 340m/s e perguntar quanto tempo demoraríamos para ouvir, aqui na Terra, uma

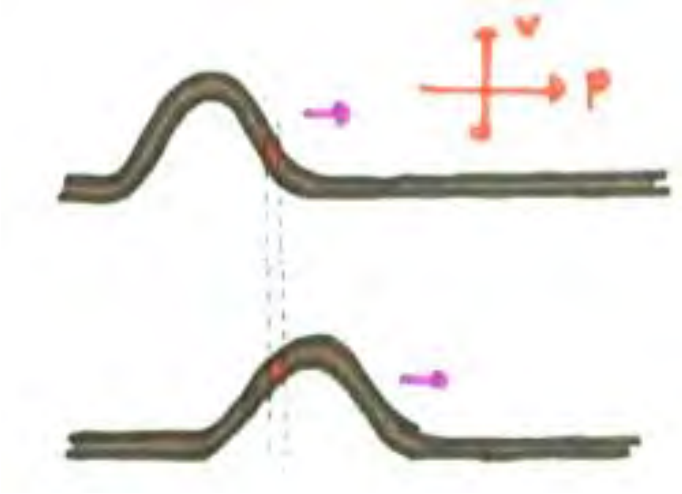
 | Todos os direitos reservados © 2018.

explosão que acontecesse lá na Lua, você deve responder que nós nunca ouviremos barulho algum dessa explosão!

FORMA DE PROPAGAÇÃO

Outro modo de classificarmos as ondas é através da forma como elas se propagam: as ondas podem ser transversais ou longitudinais.

- ✓ **Ondas Transversais:** este tipo de onda se configura pela direção de vibração ser perpendicular à direção de propagação. Pareceu complicado? A imagem a seguir vai te ajudar a entender isso! Todas as ondas eletromagnéticas e algumas mecânicas, como as oscilações em uma corda, são transversais!



Nesta imagem você pode ver que a onda vibra verticalmente e se propaga horizontalmente.

- ✓ **Ondas Longitudinais:** essa classificação é dada para ondas em que a vibração é paralela à direção de propagação. Alguns exemplos são as ondas de compressão em uma mola e a propagação do som nos gases e nos líquidos. Te liga nessa imagem aqui embaixo, ela mostra o movimento das moléculas de ar causado pela vibração de um alto falante.

 Todos os direitos reservados © 2018.

Percebeu que tanto o alto falante quando as moléculas se movem na mesma direção? Ambos se movem horizontalmente!

Agora é sua vez de praticar! Aproveite estes exercícios para testar o que você aprendeu sobre as características das ondas:

Exercício 01: Considere as afirmações abaixo:

I) As ondas transportam matéria.

II) As ondas mecânicas necessitam de um meio material.

III) As ondas eletromagnéticas necessitam de um meio material.

Quais afirmações estão corretas?

a) Apenas I

b) Apenas II

c) Apenas III

d) Apenas I e II

e) Apenas II e III

Correta: B

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício IOND02EX1

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Exercício 02: Julgue as três afirmações abaixo:

I) Todas as ondas mecânicas são transversais.

II) A perturbação do campo elétrico gera uma onda eletromagnética, cuja é uma onda transversal.

III) A propagação no mesmo sentido da vibração configura uma onda transversal.

Quais afirmações estão incorretas?

a) Apenas I

b) Apenas II

c) Apenas III

d) Apenas I e II

e) Apenas I e III

Correta: E

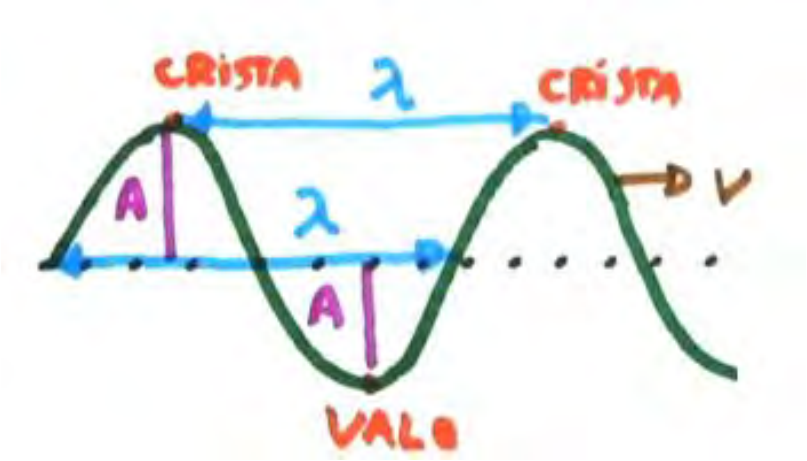
Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício IOND04EX1

Você precisa saber! As ondas eletromagnéticas são todas transversais. As mecânicas podem ser longitudinais, transversais ou mistas (uma mistura das duas coisas).

ELEMENTOS DE UMA ONDA HARMÔNICA

Outra coisa muito importante que você precisa saber é que existem algumas peculiaridades que caracterizam cada uma das ondas que existem no nosso universo. São os chamados elementos de onda, que veremos individualmente agora!

 | Todos os direitos reservados © 2018.



AMPLITUDE (A)

Chamamos de amplitude a "altura" máxima que a onda chega! Na imagem aqui em cima esse elemento é representado por (A). Uma maneira de encontrarmos essa amplitude é chamando o extremo superior de uma onda de "crista" e o extremo inferior de "vale". A amplitude será sempre a metade da distância entre um vale e uma crista.

INTENSIDADE DA ONDA

Intensidade é um conceito um pouco abstrato, concorda? O que você precisa saber é que. quando aplicado no universo das ondas, dizemos que, quanto maior a amplitude da onda, mais intensa ela é. Mais especificamente, a intensidade de uma onda é proporcional ao quadrado da sua amplitude ($\propto A^2$). Um som de maior volume e uma luz com muito brilho possuem amplitudes muito altas e, por isso, são exemplos de ondas que possuem uma grande intensidade.

COMPRIMENTO DE ONDA (λ)

O comprimento de onda está representado na imagem acima através da letra grega Lambda (λ) é a distância entre o começo e o fim de uma

 | Todos os direitos reservados © 2018.

oscilação completa. Também podemos pensar que é o tamanho de cada repetição. A distância entre duas "cristas" ou a distância entre dois "vales". Esse valor varia de onda para onda e depende do meio em que a onda está se propagando. Caso uma mesma onda mude o meio em que ela se propaga, seu comprimento de onda irá variar!

PERÍODO (T)

O período de uma onda é o tempo que a onda leva para completar uma oscilação. Como período é uma medida de tempo, sua unidade é segundos.

FREQUÊNCIA (F)

A frequência de uma onda é o número de oscilações que uma onda faz a cada segundo. Também pode ser pensada com o inverso do período! A unidade que utilizamos para essa grandeza é o Hertz [Hz]. A frequência de cada onda é determinada única e exclusivamente pela fonte que a origina.

VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO (V)

Esse conceito é fácil! Trata-se simplesmente de quantos metros a onda avança a cada segundo. Ao contrário da frequência, a velocidade de propagação é determinada em função das propriedades do meio em que a onda se encontra e de sua fonte. Em outras palavras, a velocidade de cada onda só se altera se mudarmos o meio por onde ela se propaga.

$$v = \lambda f$$

Essa equação que nos permite encontrar a velocidade de uma onda também nos permite comprovar do que ela depende. Como o comprimento depende do meio em que a onda se propaga e a frequência depende

 | Todos os direitos reservados © 2018.

exclusivamente da fonte, podemos perceber que a velocidade é dependendente de ambos!

Muito importante! Quanto mais próximas as moléculas estão em um meio, mais rápido as ondas mecânicas se propagam nele. Na prática isso quer dizer que as ondas mecânicas se propagam mais rápido em sólidos do que em líquidos e gases. O contrário acontece com as ondas eletromagnéticas, que se propagam com sua velocidade máxima no vácuo e muito lentamente em meios sólidos.

Vamos colocar isso em prática! Temos quatro exercícios sobre os elementos de onda para você testar o que estudou.

Exercício 03: Considere uma onda em corda, com amplitude A e uma certa intensidade. Agora aumente a amplitude dessa onda em 2A. Qual a relação da intensidade final com a inicial?

a) A intensidade final é duas vezes maior que a inicial.

b) A intensidade final é quatro vezes maior que a inicial.

c) A intensidade final é duas vezes menor que a inicial.

d) A intensidade final é quatro vezes menor que a inicial.

e) A intensidade inicial é quatro vezes maior que a final.

Correta: B

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício ELON02EX1

Exercício 04: Considere as afirmações abaixo:

I) A velocidade é inversamente proporcional ao período.

II) O comprimento de onda é somente a distância de uma crista a outra.

III) O período é inversamente proporcional a frequência.

Quais afirmações estão corretas?

a) Apenas I

 | Todos os direitos reservados © 2018.

b) Apenas II

c) Apenas III

d) Apenas I e II

e) Apenas I e III

Correta: E

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício ELON02EX2

Exercício 05: Uma menina está parada em frente a uma parede. Depois que ela grita, a onda de som demora dois segundos para voltar até a menina. Sabendo que a velocidade do som é 340 m/s e a frequência do grito é 680 Hz, qual a distância entre a menina e a parede e qual o comprimento de onda?

a) 680m – 4 m

b) 340m – 2 m

c) 340m – 0,5 m

d) 680m – 0,5 m

e) 340m – 1 m

Correta: C

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício ELON04EX1

Exercício 06: Uma espécie de cobra detecta as vibrações no solo e no ar enquanto caça. Bem perto dali um rato está procurando comida. A cobra detecta as vibrações com uma diferença de tempo de 9,6 ms. A velocidade da onda no ar é 340 m/s e a velocidade da onda no solo é 1700 m/s. Qual a distância do rato até a cobra?

a) 2,1 metros

b) 0,15 metros

c) 6,1 metros

d) 2,0 metros

 Todos os direitos reservados © 2018.

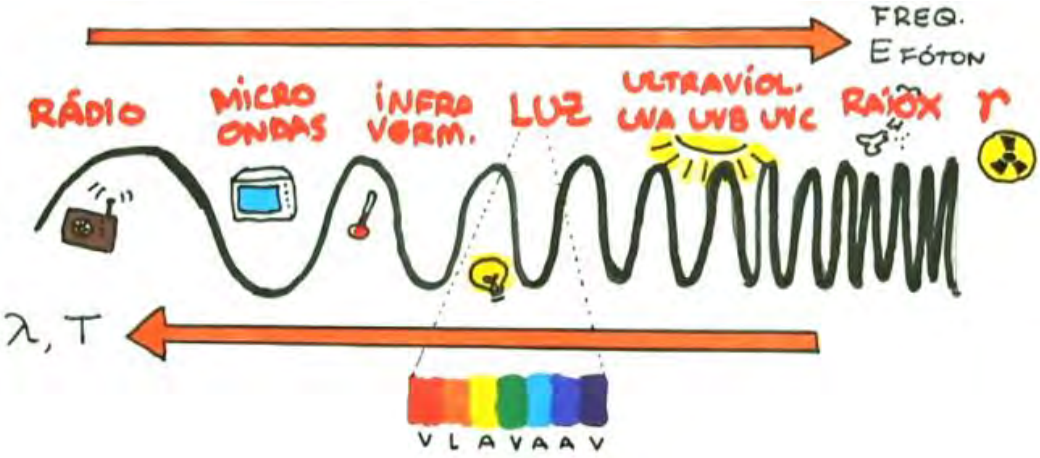
e) 4,1 metros

Correta: E

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício ELON04EX2

O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

O espectro eletromagnético nada mais é do que um meio que nos permite ordenar todas as ondas eletromagnéticas conforme a magnitude dos elementos de cada uma. Ele nos fornece uma relação muito interessante sobre as características dessas ondas.



Esse espectro é criado através da ordenação dos tipos de onda em ordem crescente de suas frequências, colocando uma flecha da onda de menor frequência (ondas de rádio) para a onda de maior frequência (raios gama). E agora vem a grande jogada: como sabemos que o comprimento de onda e o período são inversamente proporcionais à frequência, então basta apenas invertermos a flecha que fizemos anteriormente para descobrirmos quais ondas possuem os menores e os maiores comprimentos de onda.

Como você pode perceber na imagem aqui em cima, o espectro também nos traz informações sobre as propriedades de todas as cores de luz visíveis! Basta seguir a mesma lógica dos tipos de ondas!

 Todos os direitos reservados © 2018.

Vamos colocar isso na prática! Utilize o espectro eletromagnético para resolver o exercício abaixo!

Exercício 07: Considere as afirmações abaixo:

I) Raios UVA são mais energéticos do que raios infravermelhos.

II) O comprimento de onda de uma onda eletromagnética aumenta quando ela entra na atmosfera.

III) A velocidade de uma onda eletromagnética é extremamente alta, a ponto de nada interferir em seu movimento..

Quais estão corretas?

a) Apenas I

b) Apenas II

c) Apenas III

d) Apenas I e II

e) Apenas I e III

Correta: A

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício ELON06EX1

FENÔMENOS ONDULATÓRIOS

Agora estudaremos um dos tópicos mais importantes desta apostila, os fenômenos ondulatórios. Mas o que exatamente é isso? São basicamente alterações que acontecem nos elementos de uma onda quando ela muda de meio, encontra um obstáculo em seu caminho ou atinge uma superfície. Mas espera aí, qual é o motivo de isso ser tão importante? A presença desse fenômenos em nosso cotidiano! Estamos conectados a diversos deles todos os dias de nossa vida e, justamente por isso, eles certamente vão aparecer em todas as provas que você fizer. Preparado? Muita atenção e vamos lá!

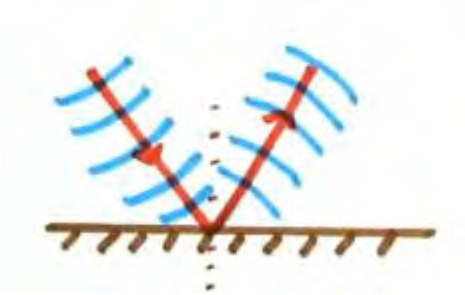
REFLEXÃO

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Este é um fenômeno em que a onda atinge uma superfície e muda sua direção. Entretanto aqui não há mudança de meio nem de fonte, então a frequência e o comprimento de onda não se alteraram. Consequentemente, a velocidade de propagação também permanece constante. Podemos separá-lo em dois tópicos: a reflexão da luz e a reflexão em cordas.

a) Reflexão da luz

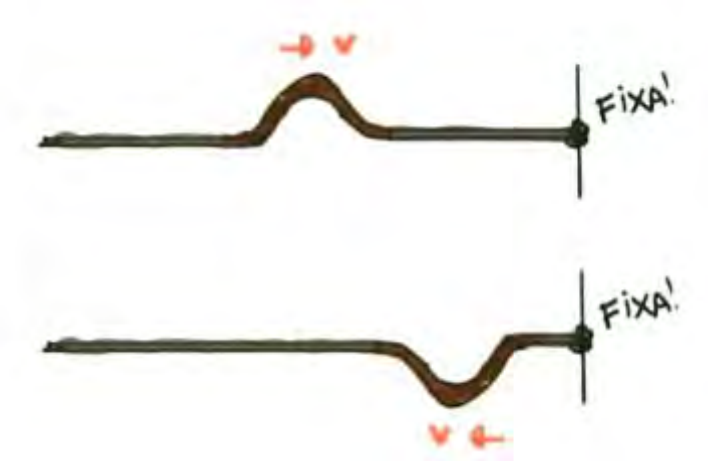
Sabe quando estamos de frente para o espelho? Conseguimos nos ver porque a luz é uma onda e sofre reflexão! O que enxergamos no espelho é justamente o reflexo dos raios de luz! Abordaremos melhor e detalharemos esse tópico na apostila de Óptica. O importante que você precisa saber agora é a aparência dessa reflexão. Imaginando que a superfície marrom abaixo seja um espelho, temos a seguinte representação para a reflexão da luz:



b) Reflexão em cordas com extremidade fixa

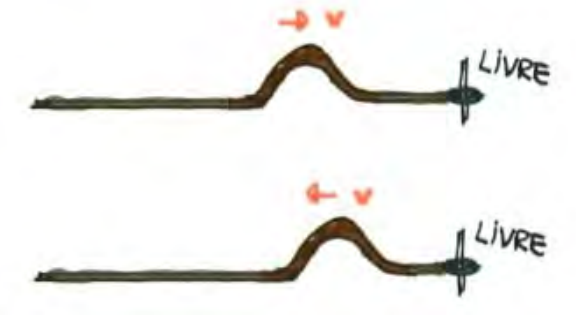
Quando uma oscilação em uma corda encontra uma extremidade fixa em uma superfície, ela é onda refletida com inversão de fase. Te liga na imagem abaixo, ela representa exatamente isto!

 | Todos os direitos reservados © 2018.



c) Reflexão em cordas com extremidade livre

Agora é o oposto do caso anterior! Quando a oscilação em uma corda encontra uma extremidade livre, a onda é refletida sem inversão de fase.



Vamos colocar isso em prática! Temos um exercício sobre a reflexão para você testar o que estudou.

Exercício 08: Considere as afirmações a seguir:

I) A reflexão acontece sempre no mesmo meio.

II) Após uma reflexão apenas a direção do movimento se altera.

III) A reflexão em uma corda com a extremidade – onde a onda chega - fixa, ocorre apenas uma inversão de fase.

Quais afirmações estão corretas?

a) Apenas I

b) Apenas II

c) Apenas III

d) Apenas I e II

e) Todas

Correta: E

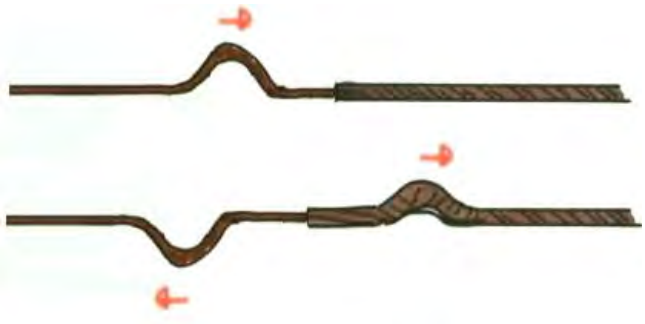
Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício FOAA02EX1

REFRAÇÃO

Esse fenômeno ocorre quando a onda muda de meio de propagação. Sabemos que a frequência da onda depende exclusivamente da fonte, então ela não se altera. Mas espera aí! Lembra do comprimento de onda? Quando você foi apresentado a ele, foi dito que ele se altera conforme o meio de propagação, certo? É isso aí! Você já deve estar imaginando o que acontece! Neste fenômeno o comprimento de onda e a velocidade se alteram. Aqui também podemos separar em dois tópico: a refração na superfície de um líquido e a refração em cordas de diferentes densidades.

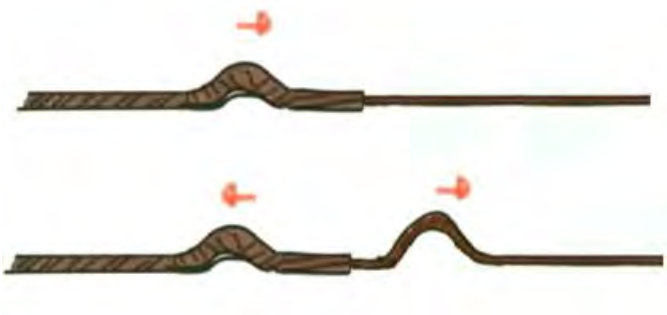
a) Refração de um pulso em uma corda mais densa

Ocorre quando duas cordas estão conectadas entre si! Quando uma oscilação que se propaga pela corda menos densa atinge o limite entre as duas cordas, ocorre a refração! A oscilação tem dificuldade para movimentar a corda mais densa e, por isso, apenas uma parte da oscilação é transmitida para ela. Outra parte da onda é refletida com fase invertida de volta pela corda menos densa.



b) Refração de um pulso em uma corda menos densa

Mesma coisa do item anterior, ocorre quando duas cordas estão conectadas entre si! A diferença aqui é que a oscilação se propaga da corda mais densa para a menos densa! A corda menos densa oferece menos resistência à oscilação, assim a onda continua se propagando com a mesma fase. Além disso, uma parte da oscilação é refletida com a mesma fase de volta para a corda mais densa.



Vamos colocar isso em prática! Temos um exercício sobre a refração para você testar o que estudou.

Exercício 09: Julgue as afirmações abaixo:

I) A refração tem como característica a mudança de meio.

II) Nos casos onde ocorre refração, acontece restritamente refração.

III) Parte de um onda em uma corda fina é refratada para uma corda mais grossa, esta parcela da onda tem velocidade maior do que a parte que reflete na corda fina.

Quais afirmações estão incorretas?

a) Apenas I

b) Apenas II

c) Apenas III

d) Apenas I e III

e) Apenas I e II

Correta: D

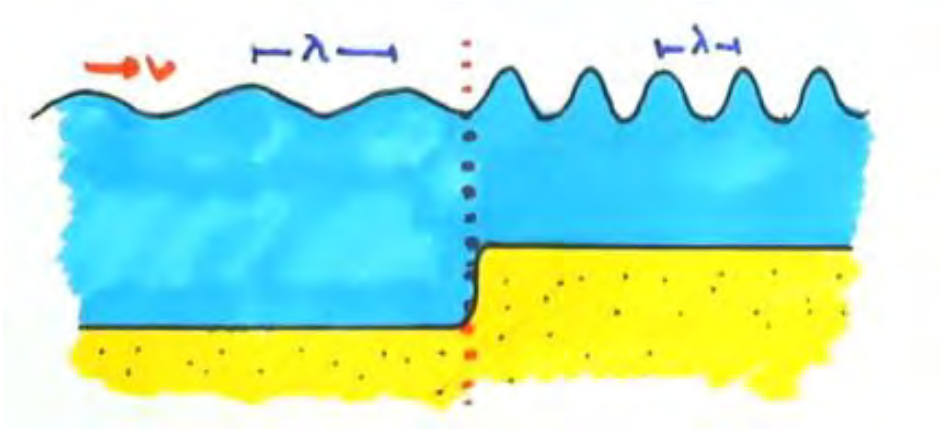
Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício FOAA04EX1

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Você precisa saber! Quando estamos analisando problemas com cordas de diferentes densidades unidas, as oscilações sempre vão se movimentar mais rápido nas cordas com menor densidade!

c) Ondas na superfície de um líquido com diferentes profundidades

Tenho certeza que você já presenciou isso enquanto estava na praia! Conforme as ondas se aproximam da costa e encontram profundidades menores, o atrito com o fundo remove energia das ondas. A onda freia, de forma que o seu comprimento reduz e a sua altura aumenta. Quando ficam altas demais, as ondas se quebram.



DIFRAÇÃO

Esse fenômeno explica como podemos escutar o que outras pessoas falam mesmo estando atrás de uma porta ou de um muro. A difração é a propriedade que as ondas possuem de passarem por obstáculos ou fendas!

 | Todos os direitos reservados © 2018.

A figura clássica de difração cobrada nas provas está representada abaixo. O que você precisa saber é que, quanto maior a fenda e o comprimento de onda, maior a difração.

Vamos colocar isso em prática! Temos um exercício sobre a difração para você testar o que estudou.

Exercício 10: Considere as afirmações a seguir.

I) A "intensidade" do fenômeno ondulatório da refração depende da abertura pela qual a onda contorna.

II) De acordo com a aula, a difração aumenta quando diminuímos a fenda.

III) Quanto menor o comprimento de onda menor a difração.

Quais estão corretas?

a) Apenas I

b) Apenas II

 Todos os direitos reservados © 2018.

c) Apenas III

d) Apenas I e III

e) Apenas II e III

Correta: E

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício FOAA06EX1

POLARIZAÇÃO

É a seleção de ondas que se propagam em um determinado plano. Esse fenômeno só acontece em ondas transversais. Em outras palavras, só existe polarização em ondas eletromagnéticas! Como não altera o meio nem a fonte, não há modificação da frequência e do comprimento de onda.

A imagem acima exibe exatamente o que é polarização! O polarizador representado em laranja possibilita que apenas as componentes verticais da onda atravessem.

Você já assistiu algum filme em 3D? Pois saiba que a polarização é o fenômeno por trás dessa tecnologia, pois as lentes dos óculos 3D são polarizadores. Uma lente possui um polarizador vertical e outra um polarizador horizontal!

 Todos os direitos reservados © 2018.

Vamos colocar isso em prática! Temos um exercício sobre a polarização para você testar o que estudou.

Exercício 11: Leia as afirmações a seguir.

I) Um polarizador seleciona um plano de vibração.

II) A polarização acontece somente envolvendo ondas eletromagnéticas.

III) Se uma onda eletromagnética polarizada na vertical passa por um polarizador horizontal o resultado é uma onda polarizada no plano horizontal.

Quais estão incorretas?

a) Apenas I

b) Apenas II

c) Apenas III

d) Apenas II e III

e) Apenas I e III

Correta: D

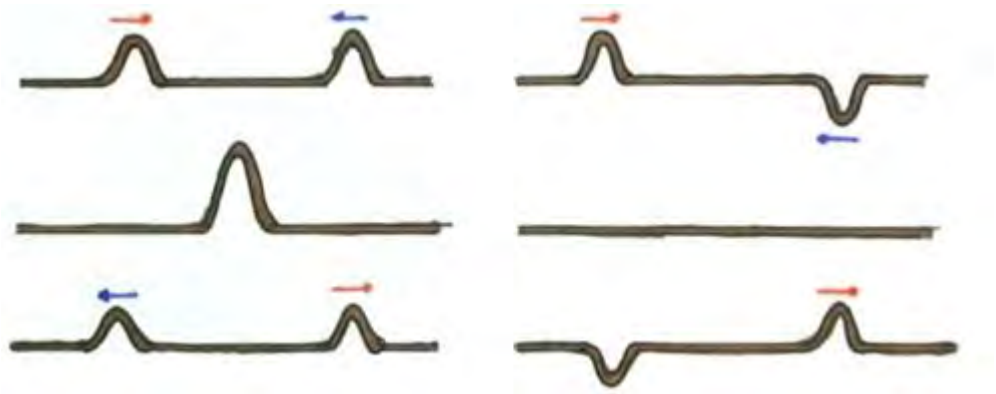
Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício FOBA02EX1

INTERFERÊNCIA

Acontece quando duas ou mais ondas se encontram! É a superposição entre essas ondas! Esse fenômeno é bem simples de entender,

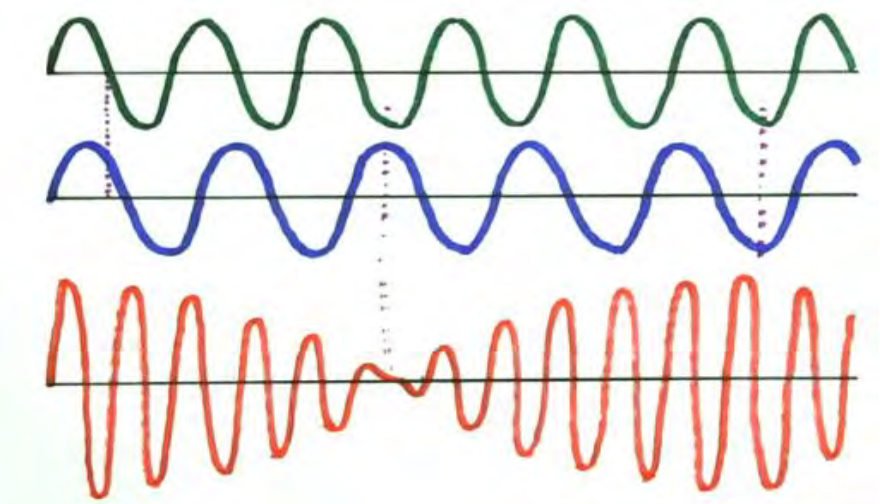
 | Todos os direitos reservados © 2018.

basta seguir a lógica. Aqui só há variação da amplitude das ondas! Essa interferência pode ser construtiva (quando as amplitudes das ondas se somam), como na imagem da esquerda, ou ser destrutiva (quando as amplitudes sem subtraem), como exemplificado na figura à direita.



BATIMENTO

Esse fenômeno acontece quando ocorre o encontro de ondas com frequências próximas, produzindo uma onda de amplitude variável. Vamos entender isso melhor através de imagens! Notem que a primeira onda tem uma frequência levemente maior que a segunda. Quando as adicionamos, em alguns momentos a interferência é construtiva e em outros é destrutiva, produzindo a onda representada na terceira imagem. Essa terceira onda que surge é o resultado do batimento!



 | Todos os direitos reservados © 2018.

Vamos colocar isso em prática! Temos um exercício sobre batimento para você testar o que estudou.

Exercício 12: Em uma orquestra um violino toca a nota ré com comprimento de onda igual a 2,29 metros, enquanto um tubista tenta alcançar a mesma frequência. O tubista alcança 145,5 Hz, nota-se uma frequência de batimento, qual o valor dessa frequência de batimento? Considere a velocidade da onda 340 m/s.

Dica: A frequência de batimento pode ser calculada através da diferença entre a frequência mais alta e a mais baixa.

a) 3,5 Hz

b) 5,0 s^{-1}

c) 2,5 Hz

d) 6,0 Hz

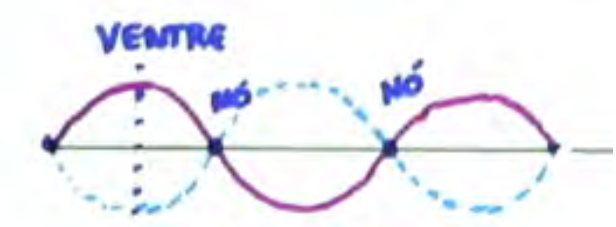
e) 3,0 Hz

Correta: E

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício FOBA06EX1

ONDAS ESTACIONÁRIAS

Esse fenômeno é a soma de outros dois fenômenos que estudamos anteriormente: a reflexão e a interferência. Ele forma uma onda com um padrão vibratório específico e que não **transporta energia**.



A imagem acima é um exemplo de uma onda estacionária. Dela podemos tirar uma característica muito importante deste tipo de onda: os nós não se movem.

RESSONÂNCIA

É a tendência dos corpos de oscilar com amplitudes extremas em algumas frequências específicas. Essas frequências são chamadas de frequências naturais e dependem de várias propriedades do corpo, como material, geometria e a maneira como ele está fixado.

Você já deve ter ouvido a história sobre quebrar um copo cantando, certo? É justamente a aplicação deste fenômeno. A pessoa que está cantando atingiu uma nota musical específica com frequência igual a frequência natural do copo. Ao atingir essa frequência específica, o copo vibrou bruscamente e o vidro não aguentou!

Vamos colocar isso em prática! Temos um exercício sobre ressonância para você testar o que estudou.

Exercício 13: Considere as afirmações abaixo:

I) As frequências naturais dependem da massa e da forma do objeto.

II) A ressonância ocorre de acordo com as frequências naturais do objeto.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

III) Para que seja possível quebrar um copo gritando, precisa-se excitar as frequências naturais de alta energia através de ressonância.

Quais estão corretas?

a) Apenas III

b) Apenas I e III

c) Apenas I e II

d) Apenas II e III

e) Todas

Correta: E

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício OERA04EX1

ACÚSTICA

Desde o início desta apostila você deve ter percebido que repetimos diversas vezes que o som é uma onda mecânica e que essa onda se propaga apenas em meios materiais, não é? Pois então, agora você vai entender o motivo pelo qual o "som" ganhou toda essa atenção. Era de extrema importância que você chegasse aqui com essas informações na ponta da língua! Mas por que isso? Justamente porque agora estudaremos uma área Física ondulatória dedicada exclusivamente pelo estudo do som e de suas propriedades: a Acústica!

PROPRIEDADES ONDULATÓRIAS DO SOM

Você já pensou como conseguimos escutar a voz de outras pessoas? Ou como conseguimos escutar música? Isso acontece porque o som é uma onda mecânica e consegue se propagar no ar! Tanto nossas vozes quanto o barulho causado por um instrumento é transmitido aos nossos ouvidos através da vibração do ar! A fonte do som causa essa vibração, que chega até nossos ouvidos e é identificada e enviada ao nosso cérebro! A velocidade em que o som se propaga é de aproximadamente 340 m/s no ar em temperatura ambiente.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DO SOM

Lembra dos elementos de onda? Pois então, nesta parte da apostila estudaremos como cada um dos elementos de uma onda sonora influencia no som percebido pelos nossos ouvidos!

a) Altura do som

Ao contrário do que você pode estar pensando, a altura não é o volume, é a nota musical, e isso depende da frequência. “Som alto” em Física significa som de frequência alta, não “volume alto”. O “Som baixo” significa som grave, de frequência baixa, não “volume baixo”. Preste muita atenção nisso!

b) Intensidade do som

Essa sim é o que chamamos diariamente de volume! Como já vimos, depende apenas da amplitude da onda. Alta amplitude significa som forte e baixa amplitude significa som fraco.

c) Timbre

O Timbre depende do formato da onda. É o que nos permite distinguir instrumentos musicais e vozes de pessoas diferentes.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Fato interessante! A frequência de uma onda de som determina a nota musical, enquanto a frequência da luz é responsável por determinar a cor.

Vamos praticar? Temos dois exercícios para você aplicar o que acabamos de estudar:

Exercício 14: O som é uma onda _____, pelo fato de ela deslocar-se no sentido da vibração. A velocidade do som depende da _____ cuja age de forma a aumentar a "comunicação" entre as moléculas, assim como a distância entre as moléculas em um _____.

a) Longitudinal – forma do objeto - Gás

b) Latitudinal – temperatura - líquido

c) Longitudinal – temperatura - Gás

d) Longitudinal – temperatura - Sólido

e) Transversal – forma do objeto - gás

Correta: D

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício SOMM02EX1

Exercício 15: Considere as afirmações abaixo:

I) Quanto maior a amplitude menor é a intensidade da onda.

II) O timbre é o que possibilita a distinção por exemplo, entre os instrumentos musicais que emitem a mesma frequência.

III) O volume que percebemos é uma escala logarítmica, para causar uma variação considerável no número de decibéis é necessário aumentar muito a intensidade.

Quais estão incorretas?

a) Apenas I e II

 | Todos os direitos reservados © 2018.

b) Apenas I e III

c) Apenas III

d) Apenas II

e) Apenas I

Correta: E

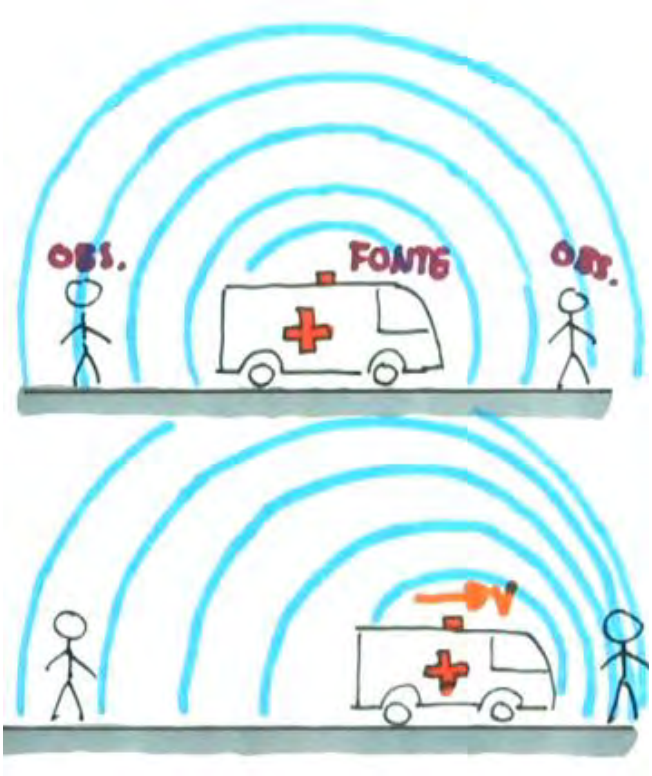
Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício SOMM04EX1

EFEITO DOPPLER

Alguma vez você já percebeu que o som gerado pela sirene das ambulâncias parece mais agudo enquanto elas se aproximam de nós e mais graves quando elas estão se afastando? Caso você nunca tenha reparado isso, vale a pena você fazer o teste! Isso realmente é verídico e explicado pela Física. Mais especificamente pelo efeito Doppler, que aprenderemos agora!

Você lembra com qual elemento de uma onda sonora define se o som gerado é agudo ou grave? É a frequência! Pois então, unindo tudo que acabamos de aprender podemos deduzir uma coisa: o movimento da ambulância interfere na frequência com que nossos ouvidos recebem o som, concorda? Exatamente isso Isso mesmo! O efeito Doppler é explica essa a alteração aparente da frequência de uma onda quando existe movimento relativo entre a fonte e o observador, exatamente como mostrado na imagem abaixo!

 | Todos os direitos reservados © 2018.



a) Aproximação

A frequência percebida pelo observador é maior do que a frequência emitida pela fonte. Quando se trata de uma onda sonora, o som percebido é mais agudo. Quando se trata de fonte luminosa, a luz se torna mais azulada.

b) Afastamento

A frequência percebida pelo observador é menor do que a frequência emitida pela fonte. Quando se trata de uma onda sonora, o som percebido é mais grave. Quando se trata de fonte luminosa, a luz se torna mais avermelhada.

c) Equação do Efeito Doppler

$$f_0 = \frac{v + v_0}{v + v_F} f_F$$

 Todos os direitos reservados © 2018.

Em que: f_o é a frequência percebida pelo observador.

f_F é a frequência emitida pela fonte.

v é a velocidade da onda.

v_o é a velocidade do observador (positiva quando se aproxima da fonte, negativa quando se afasta).

v_f é a velocidade da fonte (positiva quando se afasta, negativa quando se aproxima).

CONCLUSÃO

E aí, curtiu viajar por esse mundo das Ondas? Espero que sim! Nesta apostila você foi possível perceber que as ondas estão muito presentes em nossas vidas! Quem diria que as ondas do mar e o som teriam algo em comum?! Além disso, também descobrimos que a luz é uma onda. Mas espera aí! E se eu te contar que também podemos considerar a luz como apenas um raio? Mais interessante ainda, e se eu disser que existe um ramo da Física criado justamente para esse estudo? Sim, isso existe! Essa área de estudo é chamada de Óptica e é exatamente o que estudaremos em nossa próxima apostila!

 | Todos os direitos reservados © 2018.

PARTE II

FÍSICA

07

ÓTICA

meSalva!

ÓPTICA

E aí, galera do Me Salva!

Espero que todos estejam muito empolgados, estamos prestes a estudar uma das áreas mais interessantes da Física, a Óptica! Espera aí! Você pode estar tentando entender como isso pode ser interessante, afinal essa palavra não diz absolutamente nada sobre a matéria. Pois então, agora vamos entender o que exatamente é a Óptica.

Alguma vez você já utilizou um óculos? Ou então utilizou uma câmera para tirar uma foto? A resposta com certeza é "sim"! O fascinante disso é que esses dois objetos são aplicações diretas de fundamentos da óptica! Tudo que envolve lentes possui o estudo da óptica por trás de sua fabricação. E o espelho? Imagina o que seria de nós sem o espelho! Como poderíamos dirigir sem o espelho retrovisor? E o mais importante, como iríamos conseguir nos arrumar para aquela festa sem o espelho? Seria impossível! Novamente temos que agradecer isto ao estudo da Óptica!

E agora, deu para entender ao menos um pouco do que a Óptica trata? Espero que todos tenham se interessado! Aqui nesta apostila estudaremos a propagação dos raios de luz, que explicam todos os fenômenos ópticos do nosso cotidiano! Além disso, faremos uma relação com a apostila anterior e estudaremos o comportamento ondulatório da luz.

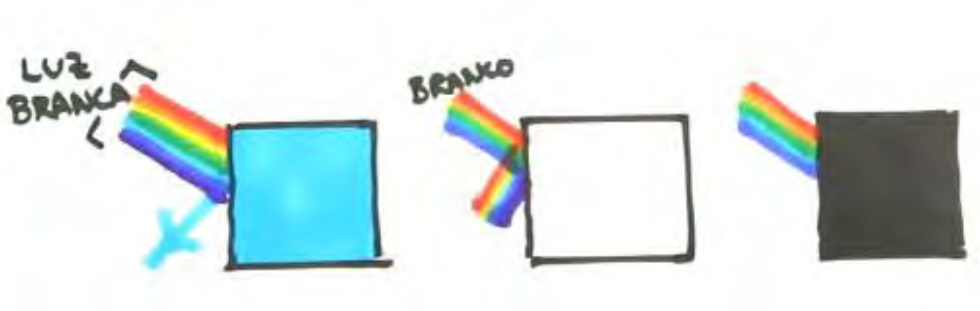
ÓPTICA GEOMÉTRICA

Lembra da nossa apostila de Eletromagnetismo? Lá estudamos que a luz é uma onda eletromagnética, certo? Pois então, nesta apostila iremos começar estudando a luz de uma forma simplificada. Trataremos as ondas de luz como meros raios de luz avançando em linha reta. Você pode não estar encontrando sentido nisso, mas vou te explicar. Para a maioria dos fenômenos do cotidiano, como os que acontecem nas lentes e nos espelhos, essa análise é suficiente. A Óptica Geométrica trata justamente da análise desses raios de luz.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

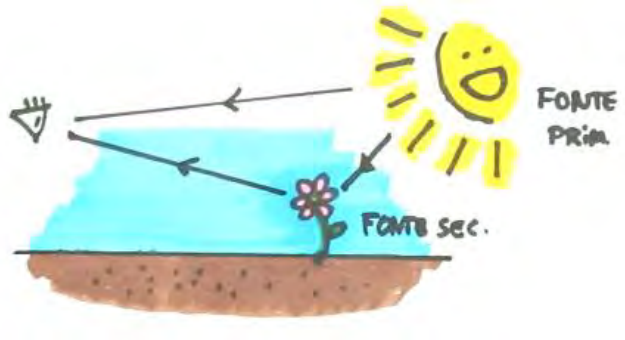
CORES DOS OBJETOS

Você já parou para pensar o que exatamente é uma cor? E em como nossos olhos diferem todas as cores? Pode parecer uma pergunta fácil, mas é complicado definir em palavras o que exatamente difere uma cor de outra, não é? Para entendermos isso a primeira coisa que devemos fazer é pensar em como nossos olhos identificam as cores de cada objeto. Imagine que você está olhando para um cubo azul. Mas espera aí, como será que percebemos que esse cubo realmente é azul? Isso se deve, em parte, à luz que o Sol faz sobre nós ser uma luz branca, ou seja, composta da união de todas as cores. Agora imagine que é a luz do sol que incide sobre aquele cubo azul: nós o vemos azul porque ele absorve todas as outras cores, exceto a luz azul. A luz azul é a única refletida, chegando até nossos olhos. A mesma coisa acontece quando a luz branca incide sobre todas as cores. Dois casos especiais são o preto (que absorve todas as cores) e o branco (que reflete todas as cores).



Tudo que enxergamos é resultado de raios de luz que chegam aos nossos olhos. Esses raios podem ser provenientes de dois tipos de fontes: fontes primárias de luz são os corpos que emitem luz própria. O Sol é o maior exemplo deste tipo de fonte! Entretanto, praticamente todos os objetos que enxergamos são fontes secundárias de luz, ou seja, se caracterizam por refletir a luz criada por outros objetos. Seu computador, uma cadeira ou uma caneta... Qualquer objeto que você pensar é um exemplo desse tipo de fonte!

 | Todos os direitos reservados © 2018.



Vale o reforço! A luz branca é o resultado da soma de todas as cores! Já a luz preta é a ausência de todas as cores!

E aí, já está preparado para um exercício? Aproveite para treinar o que acabamos de estudar!

Exercício 01: O Voltorb é um Pokémon praticamente igual a uma pokebola, ou seja, ele é composto apenas das cores branco (em cima) e vermelho. Digamos que o Voltorb seja iluminado por uma luz monocromática vermelha, como ficaria sua aparência?

a) Completamente vermelho

b) Completamente branco

c) Parte superior vermelha e inferior branca

d) Idêntico ao normal sob luz branca

e) Completamente preto

Correta: B

Resolução em:

Módulo: IOPT - INTRODUÇÃO À ÓPTICA

Lista: IOPT02EX - Exercícios de Compreensão - Fontes de Luz e cores dos Objetos #01

 | Todos os direitos reservados © 2018.

REFLEXÃO DA LUZ E ESPELHOS PLANOS

Você já reparou que maioria dos espelho que nós temos contato diariamente são planos? Desde o espelho retrovisor dos carros até o espelho do nosso quarto que que utilizamos para nos olhar! E é exatamente esses espelhos que estudaremos nesse tópico! Aqui vamos analisar como a luz se reflete nestes espelhos ou, em outras palavras, como vemos as coisas através do espelho.

Voltando aos espelhos retrovisores dos automóveis: muito provavelmente você já observou alguém entrar no carro e arrumar o espelho, não é verdade? Mas por qual motivo as pessoas fazem isso? Pessoas diferentes possuem alturas diferentes, certo? É justamente por isso, cada um que entra no carro ajusta os espelhos de forma que os raios de luz provenientes dos carros que estão atrás sejam refletidos até os seus próprios olhos. Em outras palavras, de modo que consiga enxergar os carros que estão atrás. Mas espera aí, como essa reflexão funciona? Existem duas leis que regem esse fenômeno! Elas dizem o seguinte:

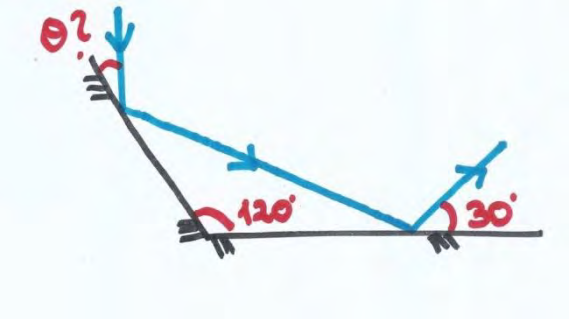
- ✓ **1° Lei da Reflexão:** O raio incidente a normal e o raio refletido são coplanares, ou seja, estão no mesmo plano.
- ✓ **2º Lei da Refração:** O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.

Essas duas leis são mostradas aqui embaixo através de uma imagem:

Percebeu que tanto o raio incidente quanto o raio refletido estão no plano na página? Exatamente como a primeira lei diz!

E aí, tudo tranquilo com o conteúdo? Temos três exercício para você fazer o teste:

Exercício 02: Dado o esquema de reflexão abaixo, determine qual o valor do ângulo theta.



a) 30°

b) 60°

c) 40°

d) 90°

e) 120°

Correta: A

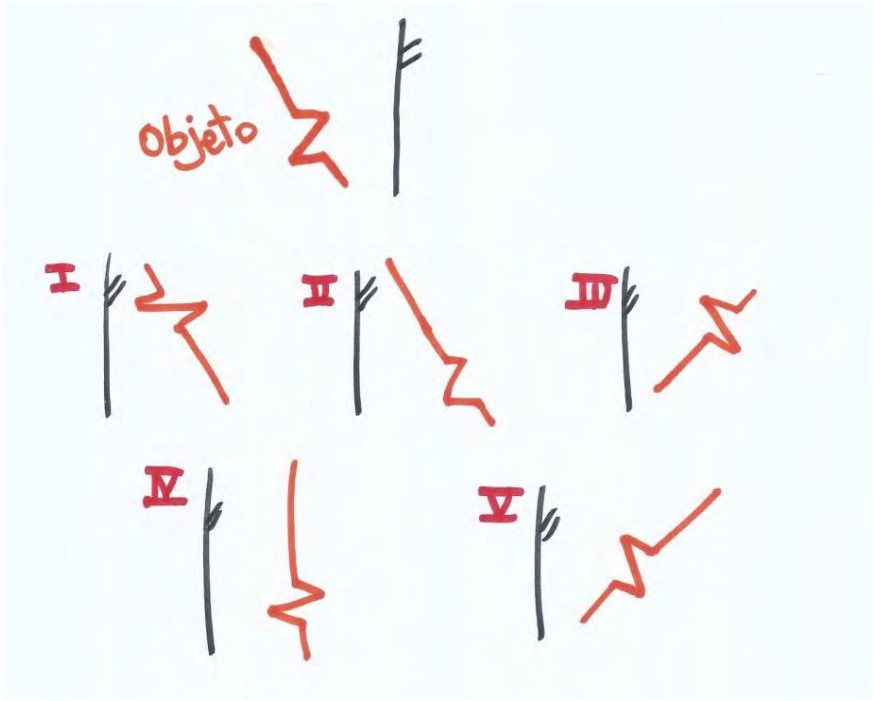
Resolução em:

Módulo: RLEP - REFLEXÃO DA LUZ E ESPELHOS PLANOS

Lista: RLEP02EX - Exercícios de Compreensão - Reflexão da luz #02

Exercício 03: Dado o objeto à frente do espelho plano como na figura abaixo, determine qual das alternativas apresenta melhor a imagem enantiomorfa gerada pelo espelho plano.

 | Todos os direitos reservados © 2018.



a) I

b) II

c) III

d) IV

e) V

Correta: E

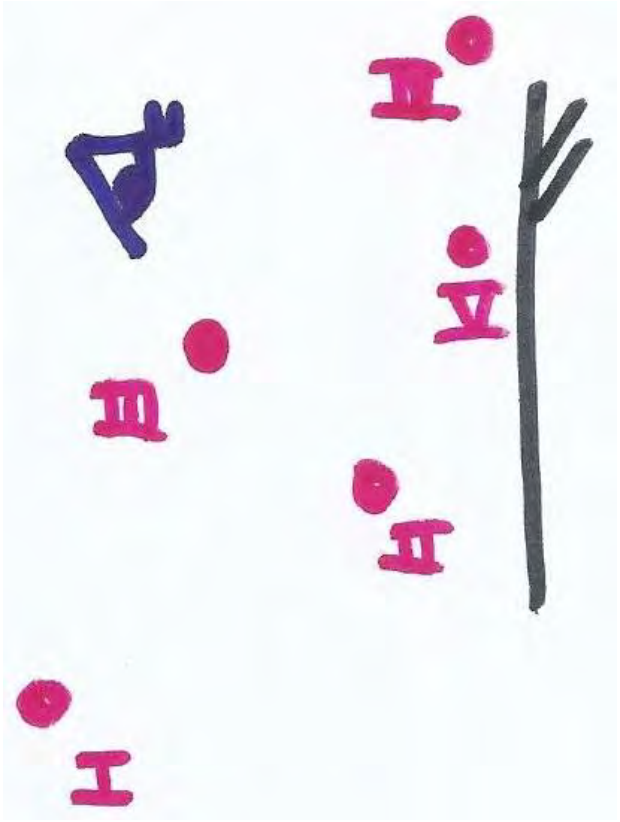
Resolução em:

Módulo: RLEP - REFLEXÃO DA LUZ E ESPELHOS PLANOS

Lista: RLEP04EX - Exercícios de Compreensão - Espelho plano I - Imagem no Espelho plano #02

Exercício 04: Dado o observador em frente ao espelho plano, determine quais das bolinhas esse observador consegue perceber completamente refletidas pelo espelho.

 Todos os direitos reservados © 2018.



a) II, III e IV

b) Todas

c) I, II, III e V

d) Apenas a IV

e) Nenhuma

Correta: A

Resolução em:

Módulo: RLEP - REFLEXÃO DA LUZ E ESPELHOS PLANOS

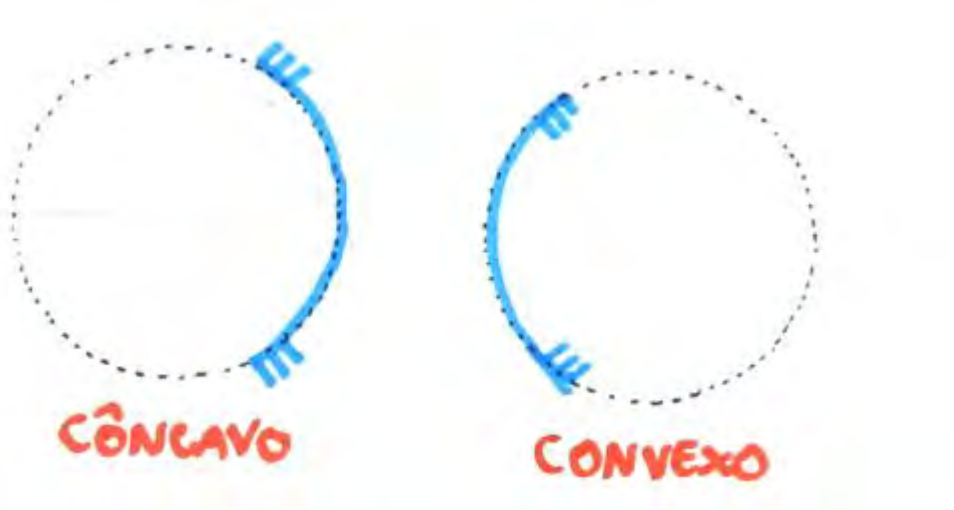
Lista: RLEP06EX - Exercícios de Compreensão - Espelho plano II - Campo de Visão e movimento no espelho plano #01

 Todos os direitos reservados © 2018.

ESPELHOS ESFÉRICOS

Sabe aqueles espelhos que estão nos cantos do mercados pequenos, por onde a pessoa do caixa consegue ver todo local? Eles são espelhos esféricos, mais precisamente convexos. Mas espera aí! Você pode estar se perguntando qual a diferença e o porquê de simplesmente não ser usado um espelho normal plano, certo? Vamos te explicar. Se fosse usado um espelho plano, a pessoa só conseguiria ver um pedaço da loja, pois todos raios que chegassem aos olhos da pessoa viriam do mesmo lugar. E é justamente nesse ponto que está a grande diferença dos espelhos esféricos! Neles, os raios de vários pontos da loja chegam até o espelho e são refletidos até os olhos da pessoa. Como isso acontece? É isso que iremos estudar!

Os espelhos esféricos são feitos a partir de uma superfície esférica lisa refletora (mais ou menos como o lado de dentro e o de fora de uma colher de metal).

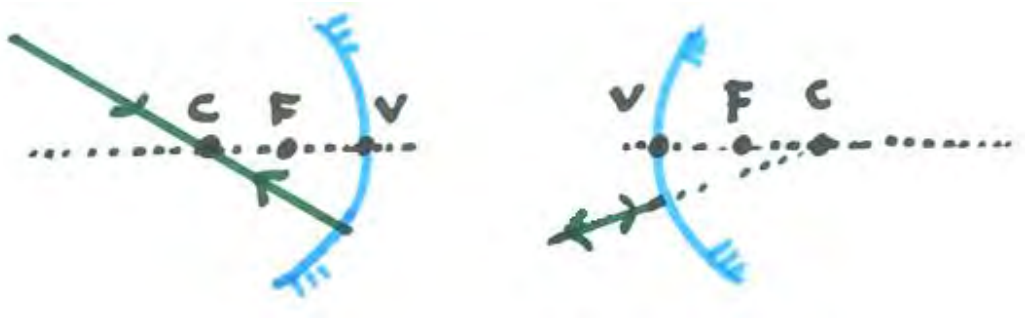


RAIOS "ESPECIAIS"

Toda e qualquer imagem em um espelho esférico pode ser criada através de dois dos quatro raios que estudaremos agora. Estes quatro raios são especiais, pois suas trajetórias podem ser previstas muito facilmente. Prontos para analisarmos esses raios? Vamos lá!

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Se o raio de luz incidir passando pelo centro de curvatura de um espelho esférico (côncavo ou convexo, tanto faz!), sua reflexão será sobre si mesmo.



O segundo raio especial é o raio de luz que incide paralelamente ao eixo principal. Se o raio incidir desta forma, ele é refletido passando pelo foco, como mostrado nas imagens abaixo:

Terceiro caso: Se o raio de luz incidir no espelho passando pelo foco, ele irá se refletir paralelamente ao eixo principal.

Todo raio de luz que incidir no vértice com um determinado ângulo vai refletir com o mesmo ângulo, exatamente como acontece nos espelhos planos.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Reparem que no espelho côncavo os raios refletidos se encontram em um ponto, chamado de foco do espelho, enquanto no espelho convexo os raios são refletidos como se saíssem desse mesmo ponto. A distância entre o espelho e o foco (distância focal) é metade do raio da esfera que contém o espelho.

Agora é sua vez de praticar. Aproveite estes exercícios para testar o seu conhecimento!

Exercício 05: Considere as afirmações a seguir sobre os espelhos esféricos e determine quais estão corretas:

I – Nos espelhos esféricos, temos que o foco está a uma distância do vértice igual à metade do seu raio de curvatura;

II – No espelho côncavo, temos uma dispersão dos raios de luz, enquanto no espelho convexo temos uma concentração;

III – Qualquer raio de luz incidente exatamente no vértice de um espelho esférico é refletido como se chegasse em um espelho plano.

a) I

b) I e II

c) I e III

d) II e III

e) I, II e III

Correta: C

Resolução em:

Módulo: EEAA - ESPELHOS ESFÉRICOS I (TEORIA)

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Lista: EEAA02EX – Exercícios de Compreensão – Espelhos Esférico I – Tipos, Elementos e Raios Principais #01

Exercício 06: No fundo dos ônibus, é comum existir um espelho convexo próximo a porta de saída para a melhor visualização das pessoas pelos motoristas. Esse espelho convexo é escolhido por:

a) Dar sempre uma imagem virtual

b) Diminuir o campo de visão

c) Expandir o campo de visão

d) Garantir que as imagens sejam invertidas

e) Por pura opção do motorista, pois seria o mesmo para um espelho côncavo

Correta: C

Resolução em:

Módulo: EEAA – ESPELHOS ESFÉRICOS I (TEORIA)

Lista: EEAA04EX – Exercícios de Compreensão – Espelhos Esféricos II – Imagens no Espelho Convexo #02

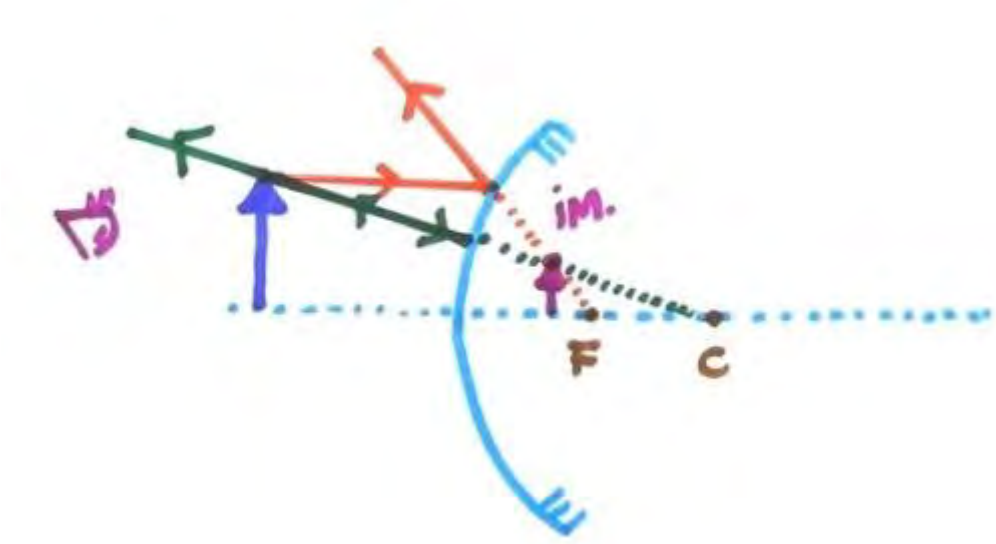
FORMAÇÃO DE IMAGENS

Mas então, como podemos saber qual será a imagem formada quando colocamos um objeto em frente de um espelho esférico? Existe um método muito simples para descobrir! Basta desenhar dois ou mais raios dos que acabamos de ver usando as leis de reflexão. A imagem se forma onde os raios refletidos se encontram! Vamos entender isso melhor agora.

ESPELHO CONVEXO

Ao traçarmos os quatro raios especiais em um espelho convexo, a imagem de um objeto em frente a um espelho convexo sempre será menor, direita e virtual.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

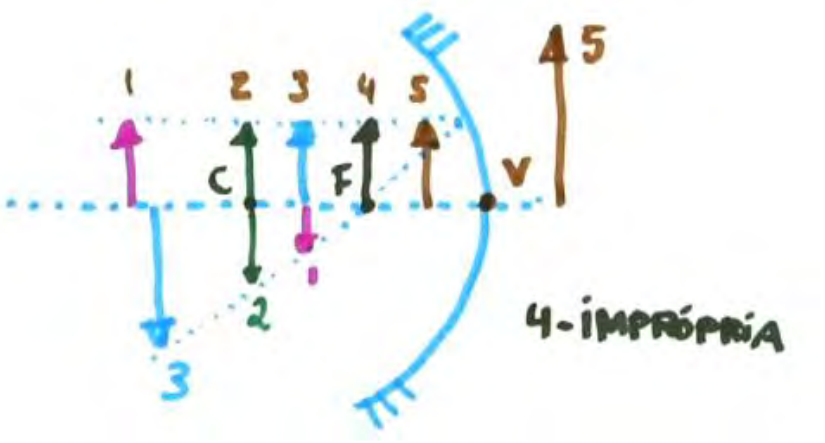


ESPELHO CÔNCAVO

Ao contrário do espelho convexo, nos espelhos côncavos a imagem se altera conforme a proximidade do objeto com o espelho. Utilizando os raios especiais, chegamos em cinco possibilidades de imagens que podem ser formadas:

1. Se o objeto está mais afastado que o centro de curvatura, a imagem formada será real, menor e invertida;
2. Se o objeto está no centro de curvatura, a imagem formada sera real, igual e invertida;
3. Se o objeto está entre o centro de curvatura e o foco, a imagem será real, menor e invertida;
4. Se o objeto está exatamente sobre o foco, a imagem será imprópria, ou seja, não haverá formação de imagem no espelho;
5. Se o objeto está mais perto do espelho do que o foco, a imagem será virtual, maior e direita.

 Todos os direitos reservados © 2018.



EQUAÇÕES DE GAUSS PARA ESPELHOS

Bom, utilizando os quatro raios especiais já aprendemos a identificar o tipo de imagem formada conforme a posição do objeto, certo? Entretanto, esse método não nos ajuda quando queremos realmente encontrar os valores de distância de um objeto para o espelho. Para isso existem as seguintes equações matemáticas!

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

$$A = \frac{f}{f - d_o} = \frac{i}{o}$$

Nestas equações o termo (f) é a distância focal do espelho (f = R/2). Para espelhos côncavos esse termo é positivo, já para espelhos convexos ele é negativo! Os termos ($di\ e\ do$) representam, respectivamente, a distância da imagem até o espelho e a distância do objeto até o espelho. Caso a imagem ou o objeto sejam reais (estejam do mesmo lado do observador), então o termo correspondente a cada um é positivo.

 Todos os direitos reservados © 2018.

a) $do > 0$ → objeto real;
b) $di > 0$ → imagem real;

Caso algum deles sejam virtual (do lado oposto do espelho em que está o observador), então o termo correspondente a cada um será negativo.

a) $do < 0$ → objeto virtual;
b) $di < 0$ → imagem virtual;

Os termos (i e o) correspondem, respectivamente, à a altura da imagem e do objeto. Caso o objeto ou a imagem estejam acima do eixo principal, então o termo correspondente a cada um é positivo.

a) $o > 0$ → objeto para cima;
b) $i > 0$ → imagem para cima;

Caso algum deles esteja localizado abaixo do eixo principal, então o termo correspondente é negativo.

a) $o < 0$ → objeto para baixo;
b) $i < 0$ → imagem para baixo;

"A" é a ampliação da imagem. Se esse termo for positivo a imagem é direita em relação ao objeto; se for negativo, ela é invertida em relação ao objeto. Se |A|>1, então a imagem é maior que o objeto. Caso contrário (|A|<1) a imagem é menor.

O melhor jeito de aprender como aplicar essas equações é na prática. Aproveite estes dois exercícios para isso!

Exercício 07: Dado um objeto a uma distância de 10cm do vértice de um espelho côncavo, determine qual a distância da imagem, sabendo que o raio de curvatura do espelho é de 30cm, e se ela é real ou virtual.

 Todos os direitos reservados © 2018.

a) 10cm, real
b) 10cm, virtual
c) 30cm, real
d) 30cm, virtual
e) 15cm, virtual

Correta: D

Resolução em:

Módulo: EEBA - ESPELHOS ESFÉRICOS II (EQUAÇÕES)

Lista: EEBA02EX - Exercícios de Compreensão - Equações Para Espelhos #01

Exercício 08: Dado um objeto a uma distância de 10cm do vértice de um espelho côncavo, determine qual a ampliação – ou redução – , sabendo que o raio de curvatura do espelho é de 30cm. Diga também se a imagem é direita ou invertida.

a) 2x invertida
b) 3x direita
c) 3x invertida
d) 2x direita
e) 1x direita

Correta: B

Resolução em:

Módulo: EEBA - ESPELHOS ESFÉRICOS II (EQUAÇÕES)

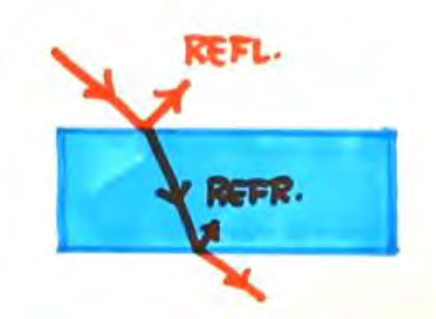
Lista: EEBA02EX - Exercícios de Compreensão - Equações Para Espelhos #03

Cuidado! O principal cuidado na hora de resolver um exercício envolvendo a parte matemática de espelhos é acertar os sinais. Revisar nunca é demais! Você sempre pode fazer o desenho da imagem para conferir se a sua resposta faz sentido.

 Todos os direitos reservados © 2018.

REFRAÇÃO DA LUZ

Esse tipo de fenômenos ocorre quando um raio de luz atravessa nossas janelas de vidro! Mais formalmente dizendo, quando ele atravessa dois meios! No caso da janela de vidro, quando o raio de luz incide sobre ela, parte da luz é refletida e parte é transmitida para dentro do vidro, chegando até nossos olhos do outro lado da janela. O raio de luz que entra no vidro sofre um desvio e uma redução de velocidade (quanto mais denso o meio, menor a velocidade e o comprimento de onda da luz naquele meio).



ÍNDICE DE REFRAÇÃO (N)

Cada meio (seja vidro, água ou ar) possui um índice de refração diferente! Esse número mede a dificuldade que a luz possui de se propagar dentro de cada material! Este valor depende apenas do próprio material e da frequência da luz. Quanto maior o índice de refração, menor é a velocidade e o comprimento de onda da luz naquele meio.

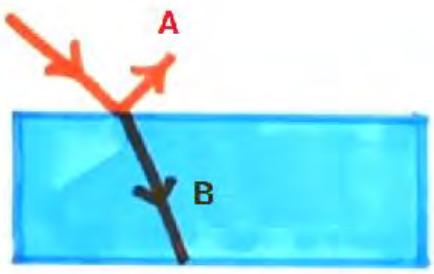
A velocidade da luz em um meio qualquer é dada pela divisão da velocidade da luz no vácuo (c = 3×10^8 m/s) dividida pelo índice de refração do meio, conforme mostrado na seguinte expressão:

$$v = \frac{c}{n}$$

Aqui tem um exercício para você praticar o que aprendeu sobre a refração:

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Exercício 09: Olhando a figura abaixo podemos dizer:



I) O feixe A está refletindo

II) O feixe A está refratando

III) O feixe B está refletindo

IV) O feixe B está refratando

a) Apenas I e III estão corretas

b) Apenas I e IV estão corretas

c) Apenas II e III estão corretas

d) Apenas III está correta

e) Apenas II está correta

Correta: B

Resolução em:

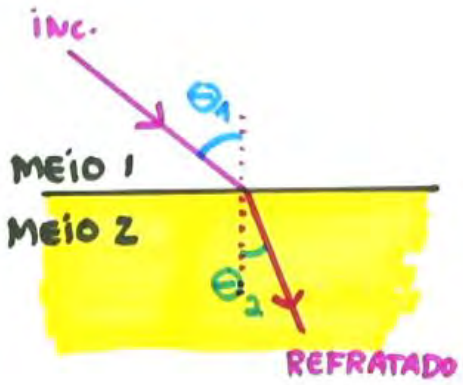
Módulo: REFA - REFRAÇÃO DA LUZ I

Lista: REFA02EX - Exercícios de Compreensão #01

LEI DE SNELL

Essa Lei matemática nos fornece a relação entre várias propriedades de um raio quando ele atravessa meios materiais com diferentes índices de refração.

 Todos os direitos reservados © 2018.



A relação entre o ângulo de incidência e o ângulo de refração é dada por:

$$n_1 sen(\theta_1) = n_2 sen(\theta_2)$$

$$\frac{sen(\theta_1)}{sen(\theta_2)} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Em que os ângulos são os apresentados na imagem, (n1) é o índice de refração do meio 1 e (n2) é o índice de refração do meio 2.

Agora que completamos nosso estudo sobre a refração, aqui tem mais dois exercícios para você praticar!

Exercício 10: Complete:

Se o feixe incidir em um meio mais denso acontecerá a _____ e o feixe terá um desvio que _____ da normal à superfície.

Se o feixe incidir em um meio menos denso acontecerá a _____ e o feixe terá um desvio que _____ da normal à superfície.

a) Refração ; Afasta : Refração; Aproxima

b) Refração ; Aproxima : Refração; Afasta

c) Reflexão ; Afasta : Reflexão; Aproxima

d) Reflexão ; Aproxima : Reflexão; Afasta

 Todos os direitos reservados © 2018.

e) nenhuma das anteriore

Correta: B

Resolução em:

Módulo: REFA - REFRAÇÃO DA LUZ I

Lista: REFA02EX - Exercícios de Compreensão #02

Exercício 11: Sabendo que índice de refração do meio A é 2 e o índice de refração do meio B é 4. Qual a velocidade da luz no meio A e B?

a) Velocidade no Meio A = 2c ; Velocidade no meio B = 4c

b) Velocidade no Meio A = c/2 ; Velocidade no meio B = 4c

c) Velocidade no Meio A = 2c ; Velocidade no meio B = c/4

d) Velocidade no Meio A = c/2 ; Velocidade no meio B = c/4

e) Velocidade no Meio A = c ; Velocidade no meio B = c

Correta: D

Resolução em:

Módulo: REFA - REFRAÇÃO DA LUZ I

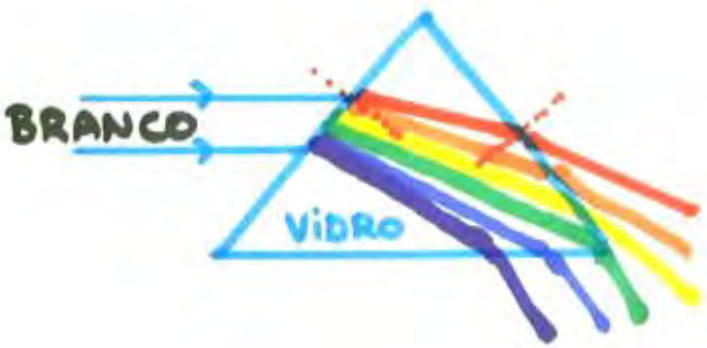
Lista: REFA06EX - Exercícios de compreensão #02

DISPERSÃO DA LUZ

Você já viu um arco-íris? Ou melhor ainda, já se perguntou como ele se forma? A explicação é justamente a dispersão da luz! Você também pode já ter visto a capa do famoso álbum The Dark Side of the moon, do Pink Floyd. A capa do álbum exibe exatamente o fenômeno de dispersão da luz através de um prisma!

Vamos logo para a explicação sobre como isso acontece! Como o índice de refração é diferente para cada cor de luz, dentro de um meio todas as cores têm velocidades diferentes e sofrem desvios diferentes. Isso permite que a luz branca se separe nas diferentes cores ao passar por um prisma de vidro! A imagem abaixo mostra exatamente isso!

 | Todos os direitos reservados © 2018.



No caso do arco-íris, as gotículas de água localizadas na atmosfera desviam a luz branca emitida pelo sol, causando a dispersão da luz!

Tudo tranquilo com o funcionamento da dispersão da luz? Aproveite estes dois exercícios para praticar seu conhecimento!

Exercício 12: O é a dispersão da luz branca?

a) A união das cores da luz branca quando ela sofre a refração.

b) A separação das cores da luz branca quando ela sofre a refração.

c) A união das cores da luz branca quando acontece a reflexão.

d) A separação da luz branca quando ela sofre a refração e cada cor dobra no mesmo ângulo.

e) nenhuma das anteriores.

Correta: B

Resolução em:

Módulo: REFB - REFRAÇÃO DA LUZ II

Lista: REFB02EX - Exercícios de Compreensão #01

Exercício 13: Complete:

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Quando incidimos uma luz branca em um prisma, as cores que constituem a luz branca se _____ devido a _____. Assim, cada cor desvia em um ângulo _____.

a) Unem; Refração; Diferente

b) Unem; Reflexão; Iguais

c) Separam; Refração; Iguais

d) Separam; Refração; Diferentes

e) Separam; Reflexão; Diferentes

Correta: D

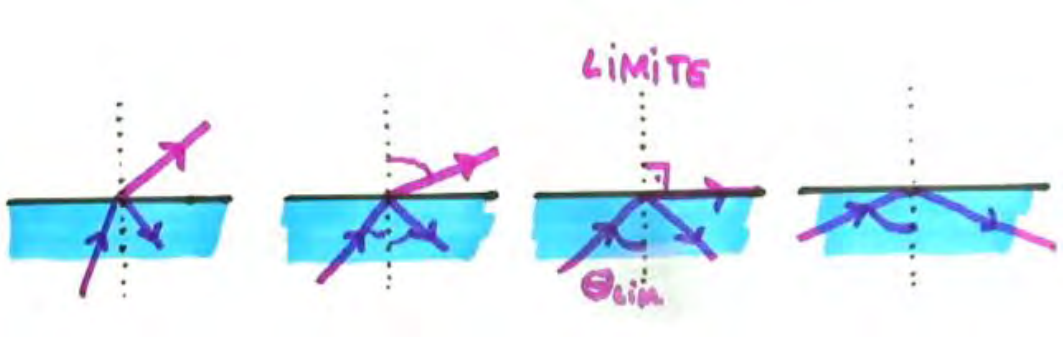
Resolução em:

Módulo: REFB - REFRAÇÃO DA LUZ II

Lista: REFB02EX - Exercícios de Compreensão #02

REFLEXÃO INTERNA TOTAL

Esse é um caso muito massa de estudar, te liga: vamos supor que um raio de luz está passando do vidro para o ar, como na figura ao lado. A figura abaixo mostra essa situação para vários ângulos. Notem que parte da luz é



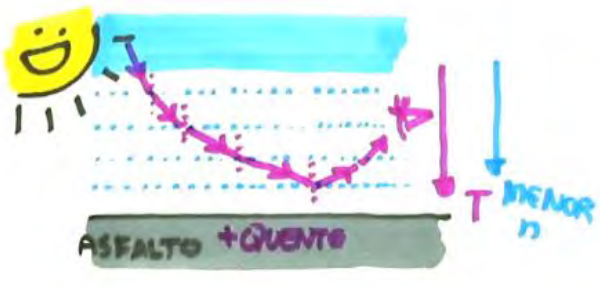
refletida e parte é refratada. Como $n_1 > n_2$, o raio refratado se afasta da normal ao trocar de meio. Se aumentamos o ângulo de incidência, chegará um determinado ângulo (como mostrado na terceira figura) em que o raio refratado formará 90° com a superfície. Se o ângulo de incidência for maior do que isso, não haverá mais luz conseguindo entrar no meio 2, isto é, só haverá luz sendo refletida. Dizemos, então, que está ocorrendo uma reflexão total.

Este ângulo limite pode ser encontrado pela seguinte equação:

$$sen(\theta_L) = \frac{n_2}{n_1}$$

Existem dois exemplos principais de reflexão total da luz em nosso cotidiano; o primeiro são os cabos de fibra óptica que transmitem dados em velocidades muito altas. Esses cabos são compostos por dois materiais e o material do núcleo apresenta índice de refração maior do que o material do revestimento, permitindo que ocorra a reflexão total da luz dentro do cabo, como na imagem abaixo!

O segundo você certamente já viu na prática! Sabe quando está muito quente e você olha uma estrada de asfalto? Não parece que ela está derretendo? Como a temperatura perto do chão está muito quente, o ar está menos denso e o seu índice de refração está menor, possibilitando que ocorra a reflexão total da luz nos raios próximos do chão!



E aí, pronto para testar seu conhecimento sobre a reflexão interna da total da luz? Se liga nesse exercício:

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Exercício 14: Marque V ou F

( ) O ângulo limite é o ângulo máximo do feixe incidente para que o refratado tenha 90° com a normal.

( ) Só existe ângulo limite quando o feixe sai do meio mais denso e vai para um menos denso.

( ) Se o ângulo de incidência foi maior que o ângulo limite, acontece a reflexão total

( ) O seno do ângulo limite é a razão entre o índice de refração do segundo meio pelo índice de refração do primeiro meio.

a) V, V, V, V

b) V, V, V, F

c) V, V, F, F

d) V, F, F, F

e) F, F, F, F

Correta: A

Resolução em:

Módulo: REFB - REFRAÇÃO DA LUZ II

Lista: REFB04EX - Exercícios de Compreensão #01

LENTES ESFÉRICAS

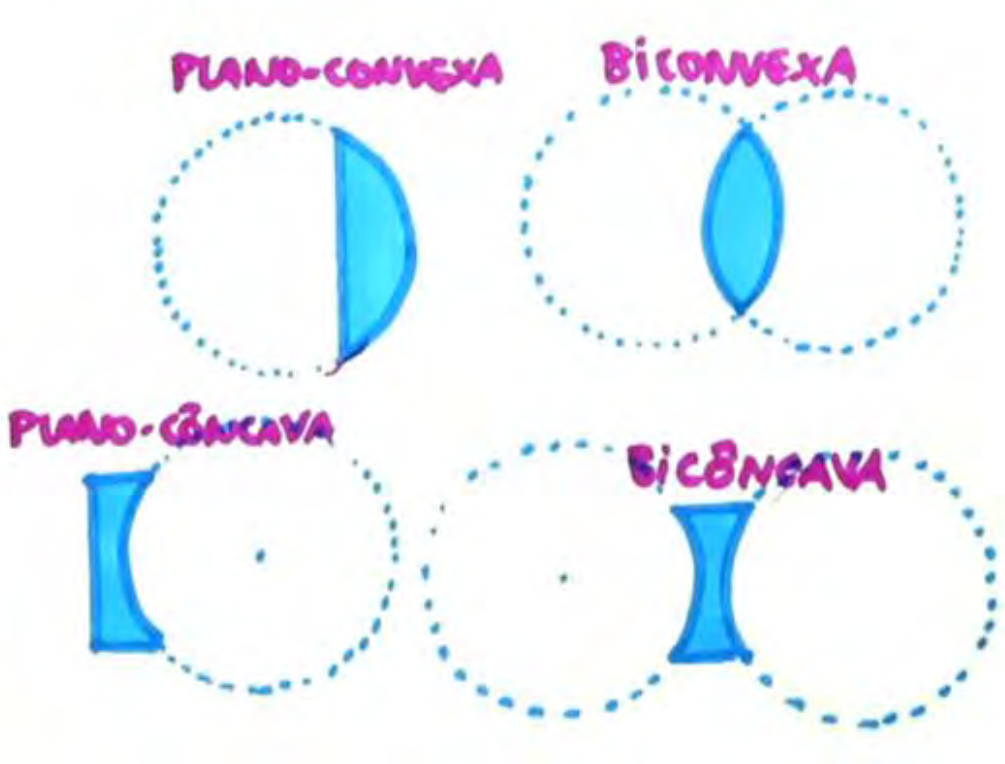
Estudaremos agora uma das aplicações mais comuns da Ótica no nosso cotidiano. As lentes! Certamente você já viu alguém usando óculos ou você mesmo usa. Já pensou em entender como aquele óculos auxilia na visão? É exatamente o que faremos agora.

Assim como os espelhos, as lentes possuem propriedades de direcionar os raios de luz que passam por elas. A diferença entre elas e os espelhos é que as imagens se formam por refração e não por reflexão.

LENTES ESFÉRICAS

 Todos os direitos reservados © 2018.

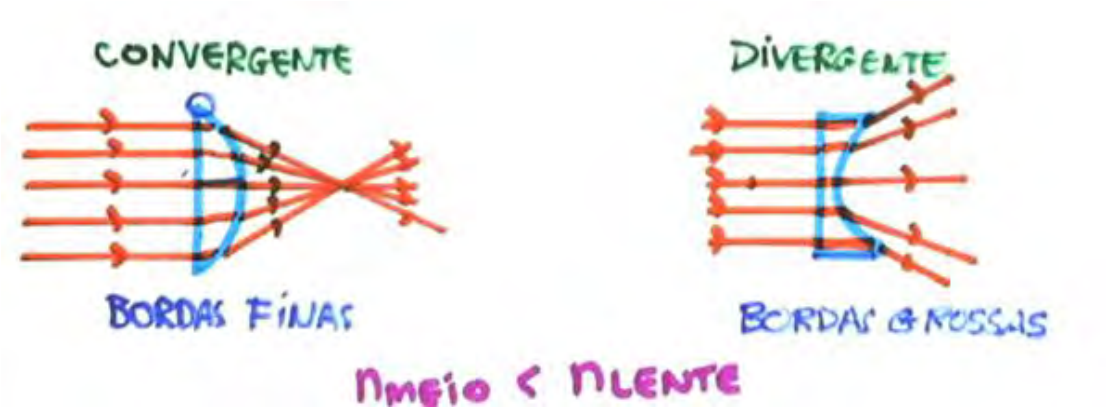
As lentes são objetos feitos de um material transparente e podem ser de diversos tipos. Como possuem superfícies curvas, há diversas combinações de superfícies que elas podem ter. Te liga na imagem abaixo, ela mostra quatro dos mais importantes formatos que as lentes podem ter.



As lentes podem ser resumidas conforme seu comportamento em dois tipos principais, as convergentes e as divergentes. Este comportamento depende do formato da lente, de seu índice de refração e do índice de refração do meio em que elas estão inseridas. Podemos dizer que as lentes convergentes “juntam” os raios de luz e as divergentes os “afastam”.

No caso das lentes dos óculos, elas são feitas de vidro e estão inseridas no ar, ou seja, o índice de refração da lente é maior do que o índice de refração do meio em que ela está inserida! Este é o caso mais comum de acontecer! Outra coisa que você precisa saber é que, nesta situação, lentes de bordas finas têm comportamento convergente e lentes de bordas grossas têm comportamento divergente. Olha a imagem aqui embaixo, ela mostra exatamente isto!

 | Todos os direitos reservados © 2018.



Vamos imaginar uma situação bem aleatória. Imagine que uma pessoa de óculos pula em uma piscina. Até aqui tudo normal, certo? Agora imagine que esta piscina está cheia de uma substância que não conhecemos. A única coisa que sabemos sobre ela é que seu índice de refração é maior do que o do vidro de que a lente é feita. Neste caso, o comportamento das lentes mudaria totalmente! Se a pessoa fosse míope e estivesse utilizando uma lente divergente, ela passaria a ter comportamento convergente, ou seja, deixaria de solucionar o problema de visão da pessoa!

Dica do MeSalva! As lentes possuem dois lados. O lado em que os raios incidem é considerado o lado da frente e o lado por onde eles saem é considerado atrás. Sendo assim, existem dois focos: o foco da frente e o foco de trás, e é muito importante que você consiga diferenciá-los.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Agora é sua vez! Aproveite estes dois exercícios para colocar seu conhecimento na prática.

Exercício 15: O fato de uma lente ser convergente ou divergente depende:

a) apenas da forma da lente;

b) apenas do meio onde ela se encontra;

c) do material de que é feita a lente e da forma da lente;

d) da forma da lente, do material de que é feita a lente e do meio onde ela se encontra;

e) n.d.a.

Correta: D

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício EOPTEX1

Exercício 16: Marque V ou F:

( ) O comportamento ótico da lente depende da GEOMETRIA, MATERIAL e o MEIO.

( ) A lente divergente possui um foco.

( ) Apenas as lentes convergentes possuem foco.

( ) Se o índice de refração do meio for maios que o índice de refração da lente, a lente divergente passa a ser uma lente convergente e a lente convergente continua sendo uma lente convergente.

a) V, V, V, V

b) V, V, F, V

c) V, F, V, F

d) V, V, F, F

e) V, F, V, F

Correta: D

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício LEAA02EX3

 Todos os direitos reservados © 2018.

RAIOS

Quando estamos trabalhando com lentes, é muito importante entendermos como os raios de luz se comportam ao atravessá-las, assim podemos saber que imagem a pessoa que utiliza essas lentes vai enxergar. Parece complicado? A boa notícia é que o processo aqui é semelhante ao que estudamos lá nos espelhos! Existem raios principais que nos possibilitam construir as imagens. A imagem se formará onde os raios refratados (ou os seus prolongamentos) se cruzarem. Se liga!

No caso de uma lente convergente, um raio que vem paralelo ao eixo principal a atravessa e sai pelo foco atrás da lente, como mostrado na figura à esquerda! No caso das lentes divergentes, este raio sai como se viesse do foco da frente da lente, como mostrado na figura à direita.

Em uma lente convergente, um raio que vem pelo foco da frente a atravessa e sai paralelo ao eixo principal. Nas lentes divergentes, um raio que vem na direção do foco de trás as atravessa e também sai paralelo ao eixo principal.

Em qualquer tipo de lente, um raio que passa pelo centro dela sempre continua em linha reta.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Nas lentes convergentes, todo raio que passa pelo ponto antiprincipal do objeto é refratado na direção do ponto antiprincipal da imagem. Se liga na imagem à esquerda aqui embaixo, ela mostra exatamente isso.

Já nas lentes divergentes, se o raio incide na direção do ponto antiprincipal do objeto, ele é refratado na direção do ponto antiprincipal da imagem.

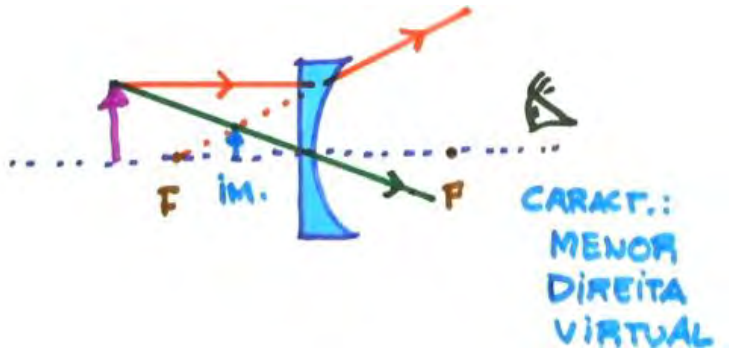
Importante saber! Nas lentes convergentes é chamado de ponto antiprincipal do objeto o ponto localizado na parte da frente da lente (por onde vêm os raios). Já nas lentes divergentes, o ponto antiprincipal do objeto é localizado na parte de trás da lente.

FORMAÇÃO DE IMAGENS NAS LENTES

Mas então, como podemos saber qual será a imagem vista por uma pessoa utilizando uma lente? Assim como nos espelhos, existe um método muito simples para descobrir isso! Basta utilizarmos dois ou mais raios dos que acabamos de ver usando as leis da refração.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

a) **Lente Divergente:** A imagem de um objeto vista por uma pessoa utilizando uma lente divergente sempre será menor, direita e virtual.

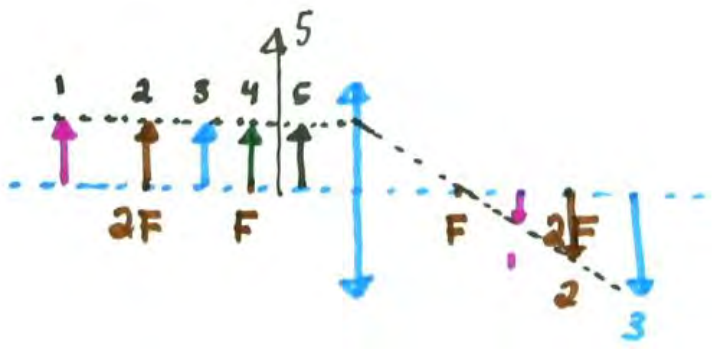


b) **Lente Convergente:** A lente convergente apresenta exatamente o mesmo caso de um espelho côncavo. Existem cinco possibilidades de imagens que podem ser formadas, dependendo da posição em que o objeto se encontra:

1. Se o objeto está mais afastado do que o ponto antiprincipal, a imagem formada será real, menor e invertida;
2. Se o objeto está exatamente no ponto antiprincipal, a imagem formada será real, igual e invertida;
3. Se o objeto está entre o ponto antiprincipal e o foco, a imagem será real, maior e invertida;
4. Se o objeto está exatamente sobre o foco, a imagem será imprópria, ou seja, não haverá formação de imagem;

 Todos os direitos reservados © 2018.

5. Se o objeto está mais perto da lente do que o foco, a imagem será virtual, maior e direita. É o caso das lentes de aumento!



Muito importante! Para espelhos, a imagem real se forma no mesmo lado que o objeto. Em lentes, a imagem real se forma do lado oposto ao objeto e a imagem virtual se forma do mesmo lado que o objeto.

E aí, conseguiu entender a formação de imagens nas lentes? Aqui vai um exercício para você testar seus conhecimentos.

Exercício 17: Complete:

A Imagem de uma lente divergente é _____ que a imagem do objeto e também é _____, ou seja, está de cabeça para _____.

a) menor; direta; cima

b) menor; invertida; baixo

c) maior; Direta; cima

d) maior; invertida; Baixo

e) de mesmo tamanho; inversa; baixo

Correta: A

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício LEBA02EX1

 Todos os direitos reservados © 2018.

EQUAÇÕES DE GAUSS PARA LENTES

As lentes seguem a mesma equação que os espelhos! A Equação de Gauss é exatamente a mesma mostrada algumas páginas atrás. Você precisa prestar atenção nos sinais utilizados: o foco é positivo para lentes convergentes (ela realmente foca os raios) e negativo para lentes divergentes (ela antifoca os raios). Os demais sinais seguem as mesmas regras que em espelhos.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

Assim como lá nos espelhos, o melhor jeito de aprender como aplicar essas equações é na prática. Aproveite!

Exercício 18: A imagem do Sol forma-se a 10cm de distância da lente. Se um objeto está situado a 30cm desta lente, a que distância dela será formada a imagem do objeto?

a) 10 cm

b) 15 cm

c) 20 cm

d) 25 cm

e) 30 cm

Correta: B

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício EOPTEX2

 Todos os direitos reservados © 2018.

Exercício 19: Um objeto real é disposto perpendicularmente ao eixo principal de uma lente convergente, de distância focal 30cm. A imagem obtida é direita e duas vezes maior que o objeto. Nessas condições, a distância entre o objeto e a imagem, em cm, vale?

a) 75.

b) 45.

c) 30.

d) 15.

e) 5.

Correta: D

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício EOPTEX3

PROBLEMAS DE VISÃO E CORREÇÕES

Agora que conhecemos como as lentes funcionam, podemos analisar como elas são utilizadas para corrigir os problemas de visão. Mas espera aí, primeiro temos que entender o que são essas anormalidades na visão, certo? Existem quatro problemas de visão mais comuns e eles serão estudados agora. Se liga!

a) **Miopia:** Este tipo de problema de visão é muito comum! A miopia consiste em um alongamento do globo ocular responsável por deformar a imagem antes de ela chegar à retina, tornando-a não nítida. A pessoa com miopia tem dificuldade de enxergar objetos distantes. A correção deste problema é feita utilizando lentes divergentes – lembre-se disso!

b) **Hipermetropia:** A hipermetropia é praticamente o oposto da miopia. Neste problema de visão ocorre uma diminuição do globo ocular, de forma que a imagem de objetos próximos é formada além da retina. Por isso as pessoas com hipermetropia têm muita dificuldade em

 | Todos os direitos reservados © 2018.

enxergar de perto. Você já está imaginando como é feita a correção deste problema, certo? É só usar a lógica da oposição à miopia; neste caso a correção é feita através da utilização de lentes convergentes.

c) **Astigmatismo:** Esse problema não possui muita relação com os outros que acabamos de estudar. Pessoas com astigmatismo apresentam o globo ocular com diferentes raios de curvatura, o que gera falta de simetria de revolução em torno do eixo óptico. A correção é feita com a utilização de lentes cilíndricas.

d) **Presbiopia:** Esta anomalia da visão é muito semelhante à hipermetropia. Ela acontece com o passar dos anos, através de um relaxamento dos músculos. Resulta em dificuldade para enxergar objetos muito próximos do olho; em situações muito graves, a visão de longa distância também pode ser prejudicada. Mas espera aí! Se lentes convergentes corrigem a visão para objetos que estão perto e lentes divergentes corrigem a visão para objetos vistos de longe, na presbiopia as duas lentes devem ser usadas, certo? Exatamente isto! A correção deste problema se dá com a utilização de lentes bifocais, que são justamente lentes convergentes e divergentes.

E aí, consegui entender os problemas de visão e como ele são corrigidos através das lentes? Você pode praticar seus conhecimentos no exercício abaixo.

Exercício 20: Se a imagem está sendo formada atrás da retina, qual lente a pessoa deve usar?

I-Como a imagem está sendo formada atrás da retina, a pessoa tem hipermetropia

II-A lente para alguém com esse problema deve ser uma lente divergente

 Todos os direitos reservados © 2018.

III-A lente para alguém com esse problema deve ser uma lente convergente

a) Apenas a I é verdadeira

b) Apenas a II é verdadeira

c) Apenas a III é verdadeira

d) Apenas a I e II são verdadeiras

e) Apenas a I e III são verdadeiras

Correta: E

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício PRVI02EX1

CONCLUSÃO

E aí, percebeu o quão presente a Óptica é em nosso cotidiano? Todos os conceitos apresentados aqui são muito importantes e o entendimento deles é fundamental para que você consiga associá-los às aplicações!

Agora que terminamos esta apostila, lembre-se de assistir as aulas de exercícios em nosso site! Nelas você poderá revisar todo conteúdo e ainda conhecer outros diversos exemplos práticos da Óptica.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

PARTE II

FÍSICA

08

FÍSICA MODERNA

meSalva!

FÍSICA MODERNA

E aí, galera do Me Salva!

Todos empolgados para aprender mais um pouco de Física? Esperamos que sim, porque nesta apostila vamos começar a estudar uma parte sensacional e totalmente diferente da Física. Aqui entenderemos como as coisas muito, mas muito pequenas (menores que os átomos!) funcionam. Mas espera aí, o que existe de totalmente diferente nisso? Aqui vem a grande jogada! Para essas partículas muito pequenas, as Leis da "Física Clássica", todas as leis que estudamos até agora, não funcionam! Para entendê-las foi necessário "criar" uma Física totalmente nova: a Física Moderna.

Lembra da última vez que você foi ao cinema? Ou então da última vez que você precisou fazer um exame de Raio X? Parecem duas situações bem aleatórias da vida que não possuem nada em comum, certo? Realmente parece, mas isso não é verdade! Tanto a máquina de Raio X quanto o cinema que conhecemos só puderam ser inventados graças ao estudo da Física Moderna! Mas não é só isso, agora vem a parte mais sensacional: este ramo da Física não somente possibilitou a criação dos nossos celulares e dos nossos computadores, mas também serviu de base para que os físicos pudessem comprovar que a nossa galáxia (nosso mundo!) está em constante expansão! Não é incrível como a Física relaciona tudo?

E aí, também ficou fascinado em aprender tudo que a Física Moderna tem para oferecer? Esperamos que sim! Se prepare, vamos começar a entender essa maravilha agora. Vamos lá!

DUALIDADE ONDA PARTÍCULA

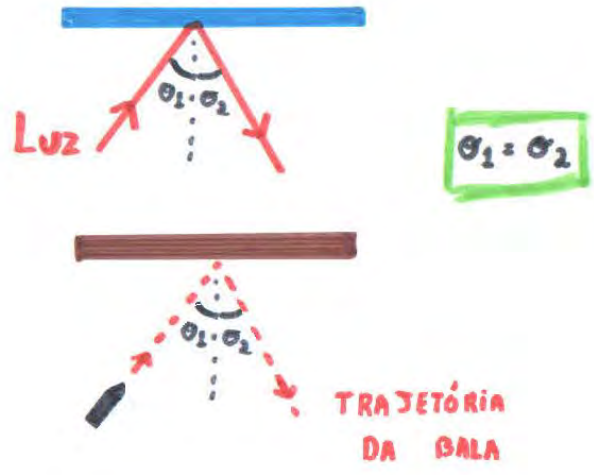
Você lembra de quais foram os últimos dois ramos da Física que estudamos? Ótica e Ondulatória, não é? Pois então, talvez você tenha percebido que durante o estudo destas duas áreas tivemos uma contradição muito forte a respeito de um assunto em específico: a luz. Durante nosso estudo da Ondulatória afirmamos e comprovamos diversas vezes o comportamento ondulatório da luz em vários fenômenos. Até aí tudo bem. O grande problema veio na apostila de Ótica, onde sem explicação nenhuma afirmamos que poderíamos considerar os raios de luz como o movimento de uma particular em linha reta, lembra disso? Mas espera aí!

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Afinal, o que exatamente a luz é? Uma partícula em movimento ou uma onda? A resposta para essa pergunta é a mais confusa possível: ela é ambas as coisas! Difícil de encarar isso, não é? Para entender isso precisamos ir um pouco mais a fundo e compreender como se deu a história do estudo da luz.

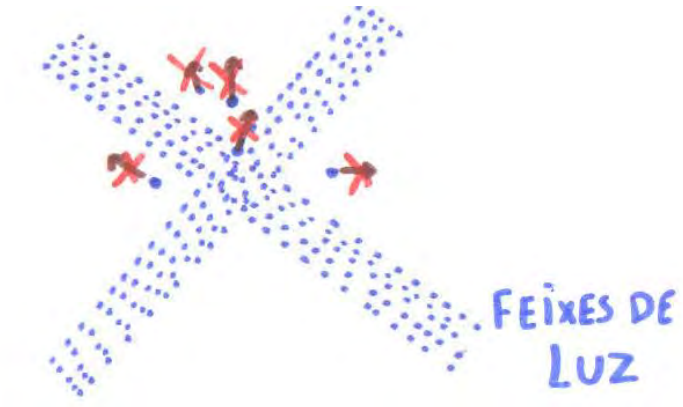
Uma das primeiras teorias a respeito da luz foi desenvolvida por Platão praticamente cinco séculos antes de Cristo. Ele afirmava que a luz consistia em raios que eram emitidos pelos nossos olhos. Por incrível que pareça, o estudo da luz não avançou e essa teoria permaneceu por quase 2000 anos!

Somente em 1704, Newton (sim, aquele mesmo Newton da Dinâmica e da Gravitação!) desenvolveu uma nova teoria para a luz. Ele dizia que a luz era basicamente uma corrente de partículas. Mas é claro que ele não supôs isso do nada, um dos argumentos que ele usou para validar essa teoria foi a reflexão! Ele comparou a incidência das "partículas" de luz em um espelho com um bala (sim, um tiro de arma) ricocheteando em uma parede. Quando a bala ricocheteia com uma superfície, ela é refletida com o mesmo ângulo de incidência. Agora tente lembrar de quando estudamos a reflexão lá na apostila de Ótica. Lembrou? Esse movimento da bala não é justamente a mesma coisa acontece com a luz incidindo em uma espelho? Sim, exatamente isso!



Durante a mesma época, outros dois físicos chamados Christian Huygens e Thomas Young também resolveram estudar e criar uma teoria sobre a luz. A grande diferença é que eles defendiam o caráter ondulatório da luz. Para provar essa teoria, eles exploraram um fenômeno que Newton não conseguiu explicar: a interferência. Se Newton estava correto e a luz era realmente uma corrente de partículas, então quando dois feixes de luz se cruzavam devia haver colisão entre essas partículas, certo? O problema é que isso não acontecia.

 | Todos os direitos reservados © 2018.



E aqui entrou o chamado experimento de Young, que através da interferência conseguiu provar que a luz possui comportamento de uma onda: este experimento mostrou que os feixes de luz conseguem se sobrepor e se anular formando pontos claros e pontos escuro. Para nosso estudo da Física Moderna, não é fundamental entendermos exatamente o funcionamento do experimento de Young, apenas saber que ele comprovou o caráter ondulatório da luz. Caso você queria saber mais, deixaremos indicado um site no final apostila onde você encontrará todas informações sobre ele!

O grande resumo é que esse experimento de Young fez quase todo mundo no começo do século 19 achar que a luz era uma onda, até que ali pelo ano 1900 um gênio da física chamado Max Planck mostrou uma situação em que as contas iam dar muito certo se a gente imaginasse que a luz era feita de partículas (puts, e agora?). Ele mesmo não gostava muito da própria sugestão, mas foi em 1905 que um tal de Albert Einstein usou a ideia do Planck (essa história de que a luz é feita de partículas) para explicar uma coisa chamada efeito fotoelétrico (que vamos ver logo mais!) e toda a teoria dele se encaixou muito bem nos experimentos! Então o mundo da luz virou de cabeça para baixo de novo! Afinal, a luz é uma onda ou uma partícula? O que tudo indica é que ela é as duas coisas! Dependendo do experimento, ela pode interagir como onda e como partícula. E essa teoria é a mais aceita até hoje! Parece loucura, não é? Principalmente para nós que estamos acostumados com a Mecânica Clássica, onde tudo está muito bem definido pelas Leis de Newton.

Muito importante! A luz se propaga como uma onda e incide como uma partícula!

 | Todos os direitos reservados © 2018.

COMPRIMENTO DE ONDA DE BROGLIE

Agora vem uma das partes mais sensacionais da matéria! Depois que toda essa história da dualidade onda-partícula da Luz já estava bem aceita, um físico francês chamado Louis de Broglie começou a se questionar sobre uma coisa: se a luz pode se comportar como partícula em certas situações e como onda em outras, então por que partículas, como elétrons, próton, átomos e moléculas também não podem se comportar como uma onda? Foi justamente para responder isso que De Broglie criou seu postulado! Ele propôs que qualquer objeto com massa, seja um rato, um computador, nosso planeta ou até mesmo você, possui comportamento ondulatório e, consequentemente, um comprimento de onda associado a sua velocidade e sua massa! Isso ficou conhecido como "ondas de matéria"! Esse comprimento de onda (λ) é dado pela seguinte relação:

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

Onde (h) é a chamada constante de Planck e vale $6{,}6 \times 10^{-34}$ J.s. Já o termo (mv) é o nosso velho conhecido momento linear, estudado lá na mecânica!

Mas espera aí! Você pode estar se perguntando: como assim uma pessoa ou qualquer objeto com massa pode ter comportamento ondulatório? Agora que possuímos a expressão do comprimento de onda podemos pensar um pouco nessa pergunta. Vamos supor uma bola de futebol com massa 400g e velocidade 10m/s. Agora vamos calcular o comprimento de onda associado a essa bola:

$$\lambda = \frac{6{,}6.10^{-34}}{0{,}4.10} \approx 1{,}66.10^{-34} m$$

 | Todos os direitos reservados © 2018.

A magnitude do resultado que encontramos é absurdamente pequena! Tão pequena que chega a ser muito mais de um bilhão de vezes menos que a dimensão de um elétron. Para objetos com massa ou velocidade considerável sempre iremos obter valores muito pequenos de comprimento de onda, o que torna praticamente impossível provarmos seu movimento ondulatório. Já para partículas muito pequenas como o elétron podemos comprovar a teoria proposta por De Broglie.

Vale o conhecimento! Os microscópios eletrônicos fazem uso prático da natureza ondulatória dos elétrons. Vamos te explicar: o comprimento de onda de um feixe de elétrons é milhares de vezes mais curto que o da luz visível, e justamente por isso este tipo de microscópio é capaz de distinguir detalhes que não são visíveis nem com microscópios ópticos.

A LUZ COMO FÓTONS

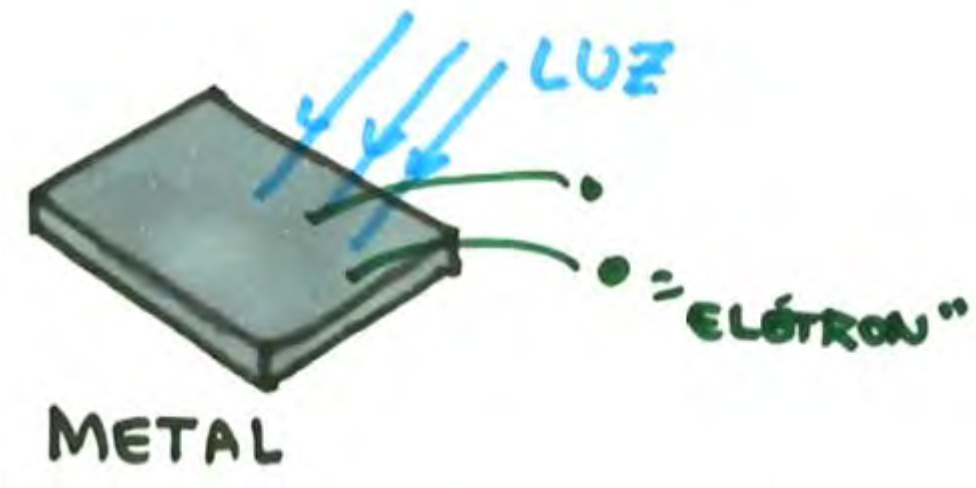
Mas a genialidade de Max Planck não parou! Além de compreender que a luz podia se comportar como partícula e onda, ele também utilizou outra hipótese totalmente inovadora em sua teoria: supôs que a luz não era algo contínuo, mas sim que ela era composta de pequenos "pacotes" de energia, chamados de fótons. Justamente por ser algo totalmente inovador, essa teoria foi pouco aceita. Era de se esperar isso né? Afinal, se nós não conseguimos ver divisão nenhuma nos raios de luz, como alguém pode afirmar que ela não é contínua? E foi exatamente aqui que Einstein entrou na história! Ele abraçou as ideias de Planck e publicou um artigo que o fez ganhar o prêmio Nobel! Mas afinal, o que Einstein escreveu nesse artigo? Ele simplesmente provou o que Planck dizia: a luz interage com a matéria não como algo contínuo, mas sim como fótons! Mas espera aí, como ele conseguiu isso? Através do chamado Efeito fotoelétrico, que estudaremos em seguida.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

EFEITO FOTOELÉTRICO

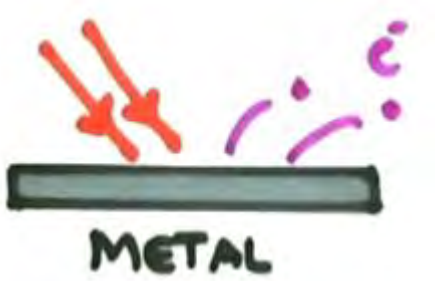
Muito provavelmente quando falamos que Einstein tinha utilizado o Efeito fotoelétrico para provar uma das grandes descobertas da Física você deve ter imaginado um experimento de alta complexidade, certo? Mas por incrível que pareça isso não é verdade! A ideia básica deste efeito é bem simples e entenderemos ela agora!

Suponha que você está carregando uma lanterna e uma placa de metal em suas mãos e que, por algum motivo, você decida apontar essa lanterna e iluminar a placa. O que o Efeito fotoelétrico diz é que ao incidir luz sobre essa superfície metálica, você fez com que alguns elétrons dela ganhassem energia e fossem ejetados! Te liga na imagem abaixo, ela mostra exatamente isso!



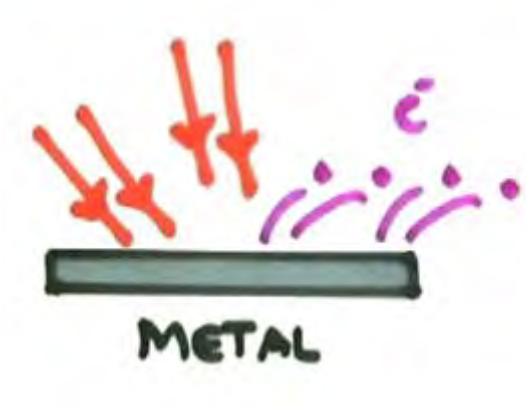
Bom, até aí tudo bem, isso já tinha sido descoberto muito tempo antes de Einstein. Entretanto, algumas outras coisas a respeito desse efeito ainda não tinham sido explicadas e foi justamente nelas que a Einstein se destacou!

Imagine que aquela lanterna de que falamos anteriormente emitisse luz vermelha e que, ao apontarmos ela para a placa de metal, dois elétrons foram removidos dessa placa com uma certa velocidade. Lembra com qual tipo de energia a velocidade está associada? Isso mesmo, com a energia cinética. Podemos afirmar então que esses elétrons foram ejetados com uma certa energia cinética, certo? I



 Todos os direitos reservados © 2018.

Agora suponha que apontemos mais uma lanterna, exatamente igual a anterior, para a placa. Ou seja, que aumentamos a intensidade da luz (aumentamos a energia total!) que atinge a placa. O que será que vai acontecer? Intuitivamente imaginamos que os elétrons vão receber mais energia e, consequentemente, vão sair com uma velocidade maior, não é verdade? **Mas não é isso o que acontece!** O que realmente ocorre é que o dobro de elétrons são emitidos, mas todos com a mesma energia cinética dos anteriores!



Mas qual é a explicação disso? Esta foi uma das perguntas respondidas por Einstein. Ele se baseou em que a luz era composta pelos "pacotes de energia" (os fótons!) e utilizou a seguinte hipótese: cada fóton pode ser absorvido somente por um elétron e cada elétron pode absorver somente um fóton. E sabe o que é o mais sensacional? Isso realmente explica tudo que acontece no Efeito fotoelétrico!

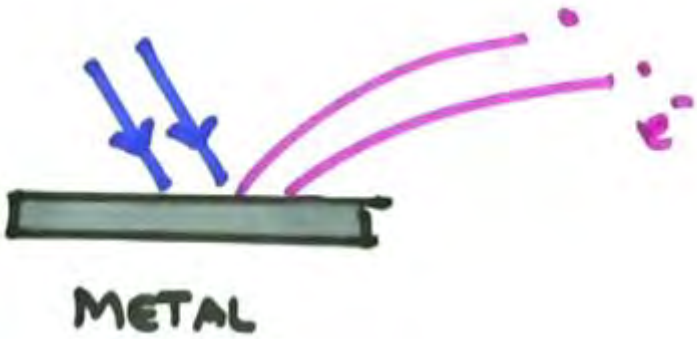
Agora você pode estar se perguntando: existe algum modo de fazer com que os elétrons sejam ejetados com maior velocidade? A resposta disso é sim e isso também foi explicado por Planck e Einstein! Vamos entender isso agora: anos antes, quando criou sua teoria, Planck havia dito que a energia desses fótons que formavam a luz era diretamente proporcional à frequência que a luz oscilava. Mas ele não parou por aí! Através da constante de Planck ele conseguiu transformar essa proporcionalidade na equação mostrada abaixo!

$$E = hf$$

E foi justamente através dessa equação que Einstein deduziu como a energia cinética com que os elétrons são ejetados variava: conforme a cor da luz incidente! Lembra do espectro eletromagnético que vimos na apostila de Ondulatória? Através dele mostramos que as luzes de cores violeta e azul possuíam as maiores frequências, como mostrado abaixo.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Muito provavelmente você já percebeu qual será o efeito disso aqui, não é? Os fótons que formam as luzes dessas cores possuem muito mais energia do que os fótons que formam a luz vermelha! E justamente por isso quando colocamos a luz azul sobre uma placa de metal os elétrons dela serão ejetados com muito mais velocidade (e energia cinética!) do que seriam se colocássemos uma luz vermelha!



E aí, já está preparado para alguns exercícios? Aproveite para revisar alguns conceitos que aprendemos sobre os fótons!

Exercício 01: Julgue as afirmações abaixo.

I) Um fóton pode ser absorvido por mais de um elétron.

II) Quanto mais intensa a luz, maior a energia de cada fóton.

III) A energia do fóton é diretamente proporcional a frequência da onda incidente.

Quais estão corretas?

a) Apenas II

b) Apenas I

c) Apenas III

d) Apenas I e III

 | Todos os direitos reservados © 2018.

e) Todas

Correta: C

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício IFIM04EX1

Não esqueça! Independente de qual seja a intensidade de uma certa luz, os fótons que formam a luz de uma mesma cor sempre irão possuir a mesma energia. Isso é explicado pelo fato de que a energia dos fótons depende apenas da frequência de oscilação da onda eletromagnética.

A FUNÇÃO TRABALHO

Bom, fazendo um pequeno resumo do que estudamos agora: o Efeito fotoelétrico nos diz que quando um feixe de luz incide sobre uma superfície metálica, elétrons dela são ejetados com uma certeza energia cinética, certo? Mas nosso estudo não acaba por aqui! Se você reparar bem, existe uma coisa que ainda não mensuramos: a energia cinética com que o elétron sai do metal.

Concorda que os elétrons fazem parte do material metálico? Sim, isso realmente é verdade! Sabendo disso, podemos nos perguntar o seguinte: será que não é necessária uma certa energia para "desgrudar" esses elétrons do metal? Com certeza! Essa energia é a chamada função trabalho do metal.

Vamos pensar um pouquinho em tudo que vimos até agora: sabemos que um fóton carrega energia e que quando ele interage com a matéria essa energia é absorvida por um só elétron, certo? Além disso, acabamos de estudar que é necessário realizar um certo trabalho para remover um elétron do metal. Bom, é justamente através dessas duas coisas que podemos descobrir com quanta energia cinética um elétron é ejetado! Veja bem: se ele ganha a energia do fóton e precisa realizar trabalho para se "desgrudar" do metal, então a energia (cinética) que vai restar para ele é a diferença entre essas duas! Te liga na equação abaixo, ela mostra exatamente isso!

$$E_{elétron} = E_{fóton} - W_{metal}$$

 Todos os direitos reservados © 2018.

A energia cinética com que um elétron é ejetado é exatamente igual a energia do fóton menos o trabalho necessário para retirar o elétron do metal.

E aí, vamos praticar? Aproveite esse exercício para você fazer praticar seu conhecimento sobre a função trabalho!

Exercício 02: Uma onda eletromagnética com frequência de $2x10^{17}$ KHz incide sobre uma placa metálica cuja função trabalho é 6.10^{5} eV. Considerando a constante de Planck $4,2x10^{-15}$ eV.s, qual é a energia cinética máxima de um elétron após o efeito?

a) $840X10^{3}$ eV

b) $2,40x10^{5}$ eV

c) $6x10^{5}$ eV

d) $2,4x10^{8}$ eV

e) $24x10^{5}$ eV

Correta: B

Resolução na plataforma do MeSalva!: Exercício IFIM06EX1

Vale a observação! É claro que a energia cinética do elétron não pode ser negativa. Caso a energia do fóton seja menor do que o trabalho do metal, então os elétrons não são ejetados do material. Isso é exatamente o que acontece com ondas de frequências muito baixas! Chamamos a frequência mínima necessária para arrancar o elétron de "frequência de corte" e ela varia conforme o material da placa!

O EFEITO FOTOELÉTRICO NA PRÁTICA

Alguma vez você já reparou que os postes de rua acendem suas lâmpadas automaticamente conforme escurece? Eles fazem isso através de um dispositivo que fica bem em cima da lâmpada, chamado de fotocélula. E

 | Todos os direitos reservados © 2018.

sabe o que é mais interessante? Esse dispositivo funciona através do efeito fotoelétrico!

Quando a luz solar atinge a placa de metal do dispositivo alguns elétrons são ejetados, criando uma corrente dentro do circuito interno da fotocélula. Lembra lá do Eletromagnetismo o que aparece quando existe uma corrente elétrica? Isso aí, um campo magnético! Esse campo magnético atrai uma peça de metal, tirando ela de seu lugar e abrindo o circuito responsável por fazer a luz acender. Quando anoitece, esses elétrons param de ser emitidos e a corrente elétrica no circuito extinguisse. Consequentemente, o campo magnético some e a peça de metal volta para seu lugar, fechando novamente o circuito responsável por ligar a lâmpada!

Muito importante! O Efeito fotoelétrico não acontece somente com a luz, seu princípio também é o mesmo para todas as ondas eletromagnéticas! Uma observação importante é que se onda tiver uma frequência muito baixa, seus fótons não terão energia suficiente para fazer com que os elétrons sejam arrancados do metal.

ATOMÍSTICA

Muito provavelmente vocês já ouviram falar do modelo atômico de Bohr, não é? Sim, aquele mesmo lá que você aprendeu com o professor de química! Pois então, nesse próximo capítulo iremos estudar ele novamente, a diferença aqui é que utilizaremos uma nova abordagem: através de conceitos da Física Quântica! Estudaremos como essa "nova Física" foi fundamental para a criação deste modelo!

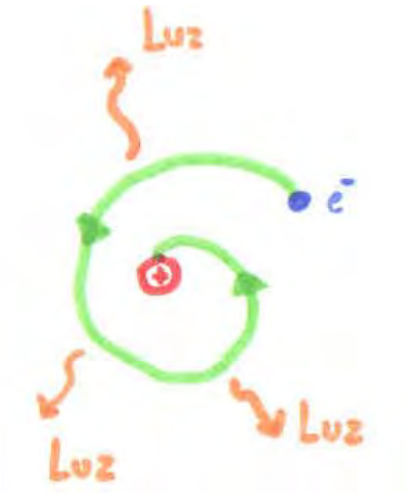
O MODELO ATÔMICO DE BOHR

Bom, antes de entendermos onde a Física Moderna entrou nessa história, precisamos relembrar um pouco das características do modelo atômico que era aceito antes das descobertas de Bohr. Lembra qual era? Isso mesmo, o modelo atômico de Rutherford.

Rutherford já sabia que o átomo era composto por um centro positivo, composto de muita massa, no qual os elétrons orbitavam em volta.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Entretanto, existia um problema nessa sua teoria que nem ele e nem a Física Clássica conseguiam solucionar: se os elétrons podem emitem e ganhar energia constantemente, como que eles conseguem manter sua órbita praticamente fixa? Como eles não acabam colidindo com o núcleo do átomo? E foi justamente aí que Bohr apareceu! Utilizando a teoria quântica de Planck e Einstein, ele solucionou o problema dos elétrons. Bohr considerou que existiam "camadas" de energia na eletrosfera do átomo, locais onde os elétrons poderiam orbitar de modo "estacionário", ou seja, mantendo sua energia fixa!



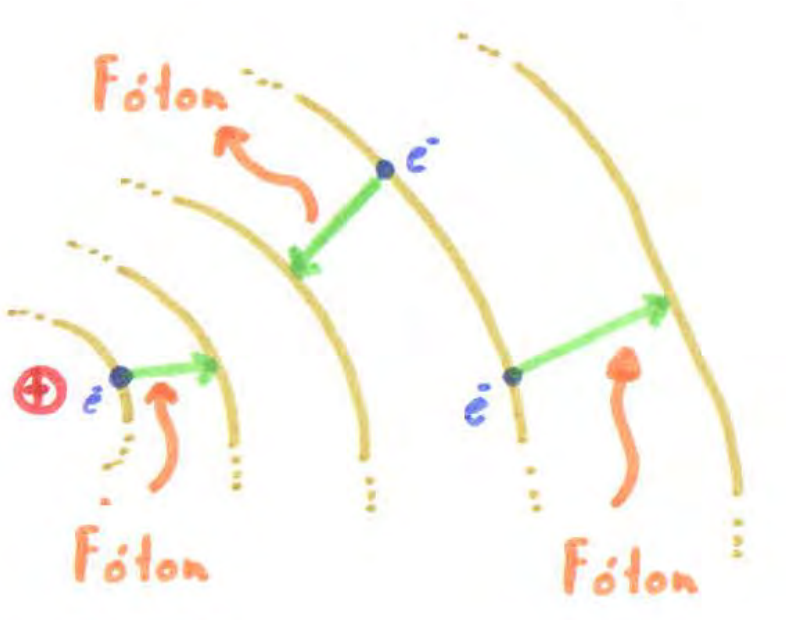
Mas não é só isso! Ele afirmou que todos os elétrons que orbitam em cada uma dessas "camadas" possuem a mesma energia e que o único modo destes elétrons transitarem entre estas camadas era absorvendo ou perdendo energia! Ué, elétron absorvendo energia? Já não vimos isso antes nessa apostila? Com certeza! Bohr afirmou que para que um elétron trocasse de órbita eletrônica ele deveria ganhar ou perder um fóton! Sim, aquele mesmo descoberto por Planck!

A ENERGIA DAS CAMADAS ELETRÔNICAS

Nesta parte falaremos um pouco de alguns detalhes que envolvem essas órbitas eletrônicas explicadas por Bohr. A primeira coisa muito importante que você deve conhecer é que quanto mais próximo do núcleo do átomo, menos energética é a camada. Consequentemente, quanto mais

afastada do núcleo uma camada é, maior é a sua energia. E é justamente disto que conseguimos deduzir o que acontece quando os elétrons se movimentam entre essas camadas!

Para que um elétron transite para uma órbita eletrônica mais próxima ao núcleo do átomo, é necessário que ele perca energia. Em outras palavras, que ele emita um fóton (que ele emita luz!). O contrário acontece quando o elétron se move para uma camada mais externa ao átomo. Neste caso, é necessário que o elétron absorve um fóton (energia). Te liga, exatamente esses dois movimentos são mostrados na imagem abaixo!



Muito importante! Segundo o modelo proposto por Bohr, um elétron não pode, de maneira alguma, estar localizado entre duas órbitas eletrônicas.

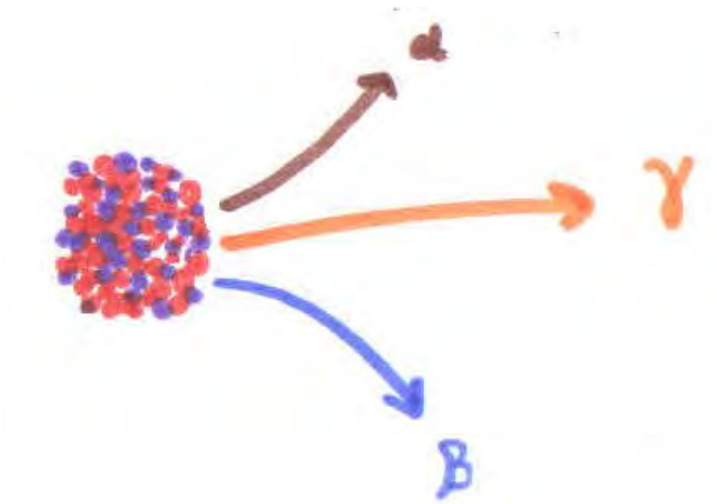
RADIOATIVIDADE

Alguma vez você já ouviu falar sobre a radiação? Apostamos que sim! E muito provavelmente ela foi associada à algo ruim, não é mesmo? Normalmente a

 Todos os direitos reservados © 2018.

primeira coisa que vem em nosso pensamento quando pensamos nela são coisas assustadoras, como o tão conhecido acidente nuclear de Chernobyl. Mas esse pavor todo é apenas coisa da nossa cabeça, a radiação é não é algo ruim! Ela inclusive possibilitou diversos avanços na área da saúde, como o desenvolvimento do tratamento radioterápico e dos exames de raios X, salvando a vida de muita gente! Mas espera aí, o que exatamente é a radiação? Vamos entender isso!

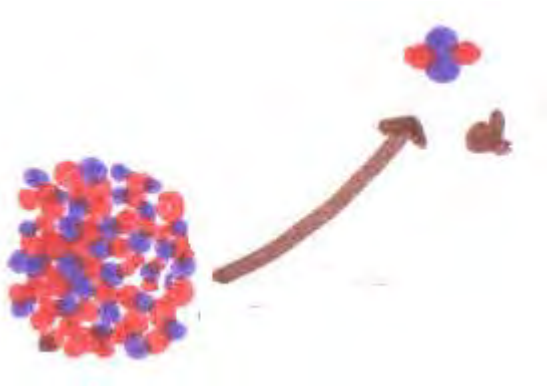
Existem alguns elementos químicos em nosso planeta que possuem naturalmente um excesso de energia dentro de seus núcleos. Estes elementos são chamados de elementos instáveis. E agora precisamos lembrar de algo bem importante: durante todo nosso estudo de Física vimos que um sistema sempre tende a possuir a menor energia possível, não é verdade? Pois então, esse mesmo princípio se aplica aqui! Esses átomos com excesso de energia em seu núcleo sempre tendem a se desfazer dessa energia para alcançar uma forma mais estável. Mas como eles perdem essa energia? Através da emissão de partículas! E é justamente essa emissão que chamamos de radioatividade! Esse decaimento de energia que os átomos instáveis sofrem pode ser de três tipos: alfa, beta e gama. Estudaremos cada um deles agora. Prontos?



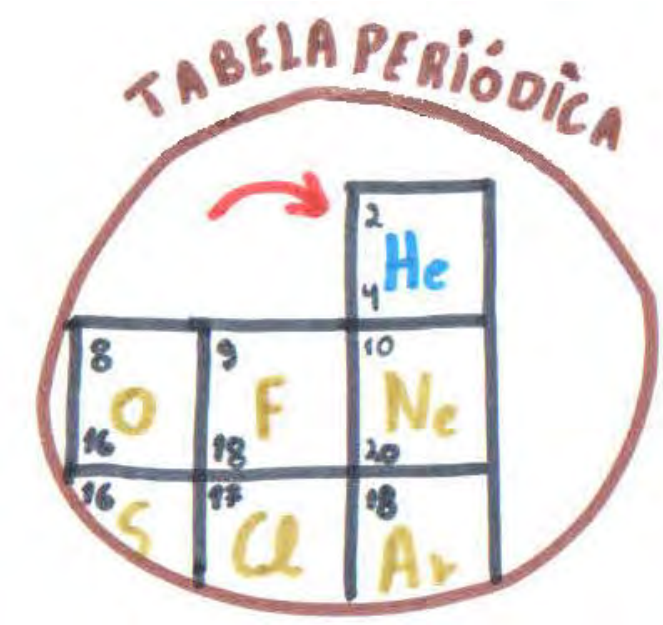
Curioso! A radiação existe desde a formação do planeta Terra, ela é tão normal quanto o nascer do Sol e a chuva!

DECAIMENTO ALFA (α)

O decaimento alfa é basicamente uma fragmentação do núcleo do elemento instável. Entre os três decaimentos, este é o único em que ocorre uma perda considerável na massa do átomo. A partícula emitida neste caso é chamada de partícula alfa e é composta por dois prótons, dois nêutrons e dois elétrons.



Mas espera aí, não existe um elemento na tabela periódica que possui exatamente essa mesma configuração? Existe sim, é o Hélio! Sendo assim, podemos concluir que a partícula alfa nada mais é do que o núcleo do gás Hélio! Impressionante, não é?



 | Todos os direitos reservados © 2018.

Justamente por ser muito pesada (com número de massa igual a quatro), a partícula alfa é muito pouco penetrante. Ou seja, sua capacidade de atravessar materiais é pequena. Na prática ela não consegue ultrapassar nem mesmo uma folha de papel. Em virtude disso ela não é muito perigosa para nós seres humanos.

Um exemplo deste tipo de decaimento é o que acontece com o Urânio-234 que decai pela emissão de uma partícula alfa e de um fóton, transformando-se no elemento Thório-230.

$$^{234}_{92}U \longrightarrow ^{230}_{90}Th + ^{4}_{2}\alpha + ^{0}_{0}\gamma$$

Vale observar que o elemento resultante do decaimento não é necessariamente estável. Ele pode ser apenas menos instável que o elemento original.

Vale a pena saber! Esse decaimento normalmente é seguido por um decaimento gama, ou seja, pela emissão de um fóton, como estudaremos em seguida!

DECAIMENTO BETA (β)

Chamamos de decaimento beta quando o núcleo do átomo emite um elétron ou um pósitron. Mas espera aí, desde quando existe elétrons no núcleo? E o que é um pósitron? Aqui está a grande jogada deste tipo de decaimento! Quando um átomo sofre um decaimento beta positivo, ele emite um pósitron. Ao perder essa carga positiva, um próton do elemento se transforma em um nêutron e o número atômico desse elemento diminui em uma unidade. Te liga na expressão abaixo, ela exibe um átomo de Nitrogênio sofrendo um decaimento beta positivo e transformando-se em Carbono.

$$^{13}_{7}N \longrightarrow ^{13}_{6}C + \beta^{+}$$

 | Todos os direitos reservados © 2018.

Já quando um elemento sobre um decaimento beta negativo, ele perde uma carga negativa (um elétron de origem nuclear). Ao emitir esse elétron, um nêutron se transforma em um próton e, consequentemente, o número atômico aumenta em uma unidade. Aqui abaixo temos a expressão de um átomo de Fósforo sofrendo um decaimento beta negativo e transformando-se no átomo de Flúor.

$$^{32}_{15}P \longrightarrow {}^{32}_{16}F + \beta^-$$

Percebeu que em nenhuma das reações que vimos sobre o decaimento beta o átomo perde massa? Mas espera aí, se o elétron possui massa, como não ocorre alteração no número de massa do elemento? É simples! Como aprendemos lá na Química, a massa do elétron é muito, mas muito menor do que a massa do próton e do nêutron. Ou seja, ela é desprezível! Na prática o átomo realmente perde uma fração muito pequena de massa, entretanto, ela é tão pequena que não altera seu número de massa. Outro fato importante é que, por possuir pouca massa, o poder de penetração dessa partícula é maior do que o da partícula alfa!

Vale a pena saber! Em virtude de ser eletricamente carregada, essa partícula tem sua trajetória desviada quando exposta a campos elétricos e magnéticos.

DECAIMENTO GAMA (γ)

Esse decaimento é basicamente a emissão de energia por um átomo instável. Mas aqui a grande jogada é que essa energia é emitida através de fótons de luz! Como já vimos lá no Efeito fotoelétrico, um fóton não é eletricamente carregado e nem possui massa alguma. Devido a essas características este é o tipo mais penetrante de radiação. Muito mais que que os dois tipos anteriores! E é justamente por isso que este tipo de decaimento é o mais perigoso para os seres vivos. Ela é tão poderosa que

 | Todos os direitos reservados © 2018.

tem a capacidade de alterar o material genético de qualquer ser que ela atingir.

Vale reforçar que quando um átomo sofre exclusivamente este decaimento não ocorre variação em seu número de massa e nem em seu número atômico. Ou seja, o elemento se mantém o mesmo. Exatamente isso é mostrado na reação abaixo!

$$^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{238}_{92}U + {}^{0}_{0}\gamma$$

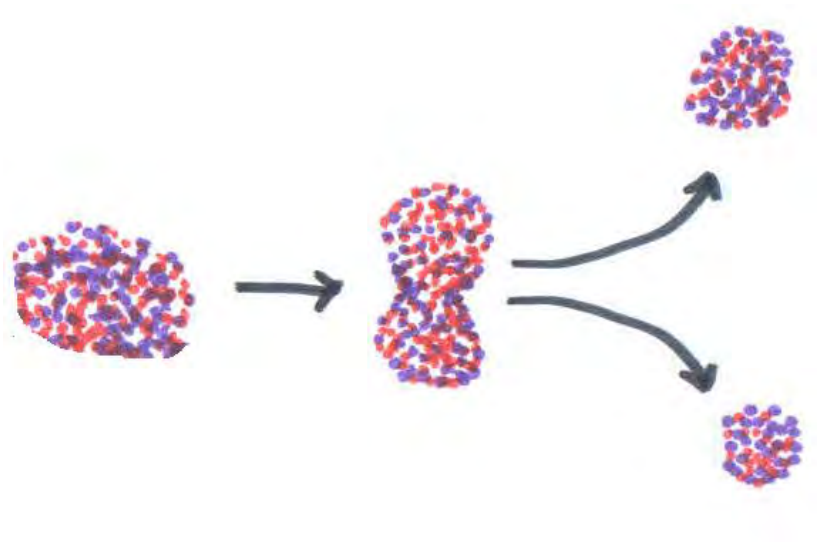
Não esqueça! Todos os três decaimentos que vimos são emitidos pelo núcleo do átomo instável!

FISSÃO NUCLEAR

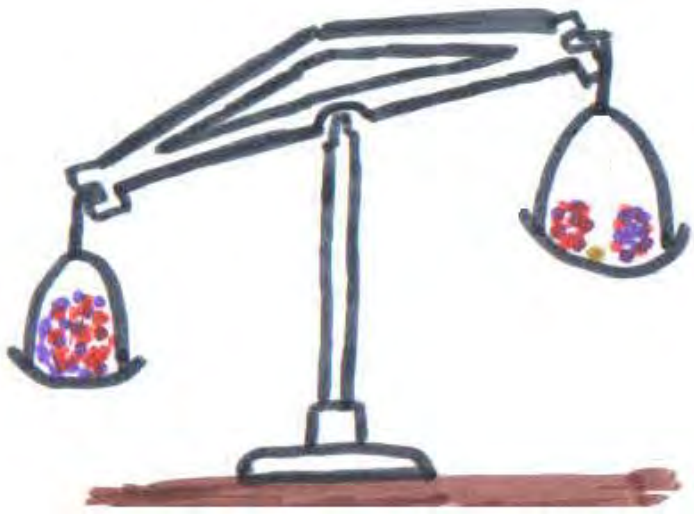
E agora finalmente vamos entender como é gerada energia em uma usina nuclear, iremos estudar a fissão nuclear! Mas espera aí, o que significa fissão? A mesma coisa que divisão! A fissão de um átomo nada mais é do que a sua divisão em outros átomos! Intuitivamente já conseguimos imaginar que deve ser difícil romper o núcleo de um átomo, não é? Com certeza! Mas existe um truque por trás da reação de fissão utilizada nas usinas nucleares. Normalmente os átomos utilizados nos reatores possuem muita energia acumulada, ou seja, eles são extremamente instáveis! Assim basta um pequeno "empurrãozinho" para desencadear a fragmentação desse átomo. A reação de fissão mais importante que precisamos conhecer é a do Urânio-235. Ele possui tanta energia armazenada em seu núcleo que basta apenas a absorção de um nêutron para desencadear uma reação nuclear.

$$^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \longrightarrow {}^{140}_{56}Ba + {}^{93}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n$$

 | Todos os direitos reservados © 2018.



Mas espera aí, de onde surge a energia dessa reação? Aqui vem a grande jogada deste tipo de reação nuclear! A massa dos átomos que surgem após a fissão é um pouco menor do que a massa do átomo original. Ou seja, nesta reação uma parte da massa acabou "sumindo". Chamamos isso de defeito de massa.



Mas isso ainda não quer dizer muita coisa, certo? O que massa tem a ver com energia? E é justamente aqui que a genialidade de Einstein entra

 | Todos os direitos reservados © 2018.

novamente no jogo! Ele conseguiu encontrar essa equivalência entre massa e energia formulando a sua clássica equação:

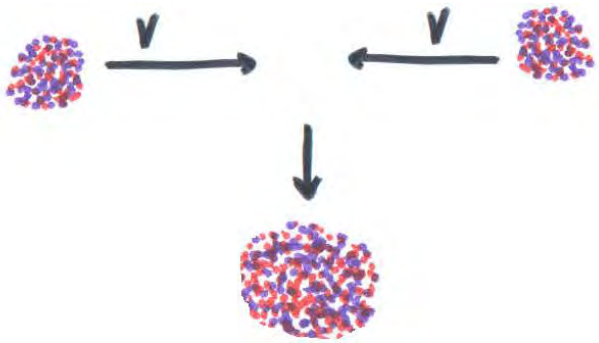
$$E = mc^2$$

onde c é a velocidade da luz no vácuo. Através desta equação conseguimos encontrar exatamente qual é o valor de energia gerada em uma reação nuclear! Basta substituirmos o termo "m" pela diferença entre a massa do átomo original e a massa dos átomos gerados depois da fissão!

Atenção! Se você precisar calcular a energia gerada na fissão de um átomo de urânio-235, não se esqueça de considerar a massa dos três nêutrons que surgem após a reação!

FUSÃO NUCLEAR

A reação de fusão nuclear é exatamente o contrário da reação de fissão! Ela é a união de dois ou mais núcleos, resultando em um núcleo maior e mais estável. Um detalhe muito importante e curioso é que uma reação de fusão libera até dez vezes mais energia que a fissão! Mas espera aí, se essa reação libera muito mais energia, porque ela não é utilizada nas usinas nucleares? Ótima pergunta! Porque são necessárias velocidades muito, mas muito altas para dois átomos fundirem. Na prática, a energia resultante da fusão não compensaria a grande energia gasta para acelerar os átomos.



 Todos os direitos reservados © 2018.

E a energia dessa reação vem de onde? Podemos seguir a mesma lógica da fissão para entender isso! Quando dois um mais átomos se fundem, o átomo resultante possui menos massa que a soma das massas destes átomos originais. Ou seja, utilizamos novamente a equação de Einstein para descobrir a energia gerada!

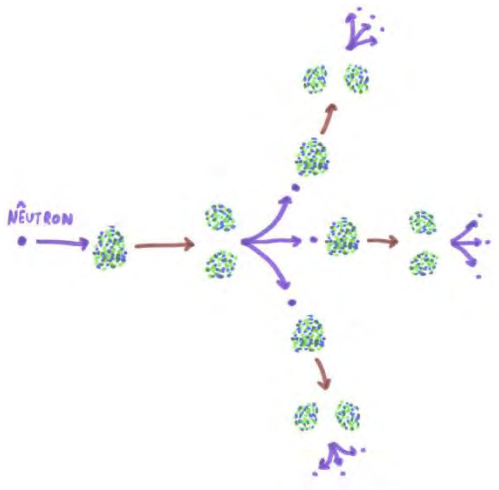
$$E = mc^2$$

Curioso! A energia emanada pelo Sol vem justamente da fusão nuclear. Em seu interior existem milhões de átomos de hidrogênio que sofrem fusão, liberando grandes quantidades de energia e se transformando em átomos de Hélio.

AS USINAS NUCLEARES E A REAÇÃO DE CADEIA

As reações em cadeia são basicamente o segredo por trás da produção de energia nas usinas nucleares! Vamos entender como elas funcionam! Uma reação em cadeia é basicamente uma reação que, após ser iniciada, consegue se manter sozinha. Mas como isso acontece? Te liga no exemplo do urânio, que é o elemento radioativo mais utilizado para produção de energia. Como estudamos anteriormente, para que aconteça a fissão de um átomo de urânio-235, é necessário que ele absorva um nêutron, certo? Pois então, o que não falamos antes é quando acontece essa reação de fissão, três nêutrons são emitidos! Já entendeu onde vamos chegar, não é? Dentro de um reator nuclear esses três nêutrons irão causar a fissão de outros três átomos de urânio-235. E isso prosseguirá acontecendo, fazendo com que o número de reações cresça exponencialmente.

 | Todos os direitos reservados © 2018.



$$ {}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \longrightarrow {}^{140}_{56}Ba + {}^{93}_{36}Kr + 3{}^{1}_{0}n $$

Mas espera aí, na prática deve existir algum meio de controlar essas reações, não é? Com certeza! Isso é feito através da inserção de um certo material na parede dos reatores. Este material é chamado de veneno de nêutrons e sua característica principal é a capacidade de absorver nêutrons, retirando-os da reação e possibilitando que ela fuja do controle!

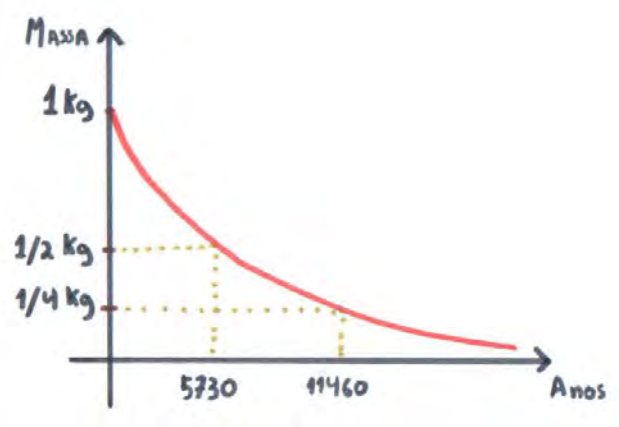
Bom saber! Todos os elementos químicos com número atômico mais que 82 são radioativos!

TEMPO DE MEIA VIDA

Alguma vez você já parou para pensar em como os cientistas conseguiram descobrir quantos antes de nós os dinossauros viveram? Muito provavelmente você pensou que era através dos fósseis, certo? E é exatamente isso. Mas o que exatamente eles fazem com os ossos para descobrir isso? Eles analisam quanto de um elemento ainda resta nos ossos e a partir disso conseguem estimar a ideia a idade em que o dinossauro morreu. Mas espera aí, como isso é feito? Você já vai entender isso!

Como vimos lá em Biologia, todos os seres vivos possuem o elemento Carbono-14 em seus tecidos. Um fato interessante é que, a partir do

momento em que qualquer ser morre, a quantidade do elemento Carbono-14 existente começa a cair. Mais precisamente, essa quantidade cairá pela metade a cada 5.730 anos. E esse tempo é justamente a meia vida do Carbono-14! O tempo de meia vida de um elemento é o tempo necessário para que uma amostra desse elemento reduza sua massa pela metade.



Sabendo disso, não é difícil entender como os fósseis são datados! Basta medirmos a quantidade de Carbono-14 e compararmos com a quantidade inicial que o ser possuía. Após obtermos estes dados nos resta apenas aplicar a seguinte equação:

$$m_{restante} = \frac{m_{inicial}}{2^n}$$

onde n é o número de meias vidas. Conhecendo o número de meias vidas decorridos, para encontrarmos a idade do fóssil basta multiplicarmos esse número pelo tempo de meia vida do elemento!

Muito importante! Utilizamos o exemplo do Carbono-14 para entender o conceito de tempo de meia vida. Entretanto, podemos aplicar essa mesma ideia para todos os outros elementos que sofrem decaimentos!

 | Todos os direitos reservados © 2018.

TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA

Você percebeu quantas vezes citamos Einstein até aqui? Muitas, não é? E se te dissermos que todas descobertas dele que aprendemos até aqui são minúsculas perto do que vamos estudar agora? Sim, é isso mesmo! A Teoria da relatividade proposta por ele simplesmente revolucionou toda Física conhecida.

Quando Einstein entrou na universidade, no início do século 20, praticamente todas as áreas da Física, como a Mecânica, a Eletricidade e o Eletromagnetismo, já haviam sido estudadas e estavam consolidadas. E foi justamente em cima disso que Einstein se questionou: se todos os estudos estivessem corretos, então as análises feitas em uma destas área da Física devia funcionar em outra. Faz sentido, certo? Mas felizmente, Einstein percebeu um problema: a Mecânica descrevia bem a cinemática de praticamente todas as coisas do nosso cotidiano, menos da luz. Já o estudo do Eletromagnetismo descrevia perfeitamente o movimento da luz e não servia para o estudo de outras coisas. Foi então que Einstein percebeu que isso não fazia sentido, que deveria haver um modo de unificar tudo que já havia sido descoberto e confirmado. E deste pensamento surgiu a magnífica Teoria da relatividade.

Espera aí, mas por que esse nome 'relatividade"? Porque nesta teoria Einstein revolucionou o mundo que conhecíamos! Ele propôs que, coisas antes tidas como absolutas (como a massa, o comprimento e até mesmo o tempo!) na verdade elas eram relativas. Espera aí, o tempo é relativo? Sim, isso mesmo! Loucura não é? Mas não se preocupe, vamos entender tudo isso em seguida!

POSTULADOS DA RELATIVIDADE

Para formar sua teoria, Einstein se baseou em dois postulados. Mas espera aí, o que é um postulado? É basicamente uma suposição que serve como regra para tudo que será proposto. Einstein se baseia nestas duas afirmações para criar toda a Teoria da relatividade. Te liga em quais são eles:

- ✓ **1º postulado:** As leis da física são as mesmas para todos os observadores em quaisquer sistemas de referenciais.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

- ✓ **2º Postulado:** Em qualquer referencial inercial, a velocidade da luz no vácuo é sempre a mesma, seja emitida por um corpo em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme.

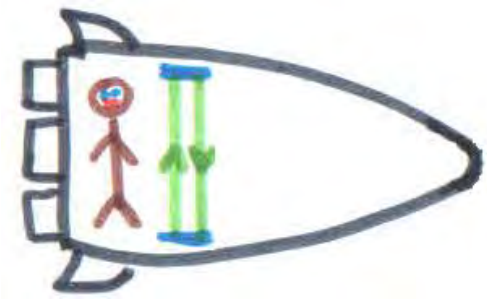
E foi justamente as consequência destes postulados que revolucionaram a Física. Vamos estudar cada uma delas individualmente em seguida!

Entendendo o 2º postulado! Suponha que você está em uma estrada dentro de um carro que se move a uma velocidade de 100 km/h. Então, por algum motivo obscuro, você arremessa uma pedra a 20km/h para trás. Conforme vimos lá na Cinemática, a velocidade do seu carro em relação a pedra deveria ser 120Km/h, certo? Exatamente! Agora imagine a mesma situação, só que substituindo a pedra por raios de luz de uma lanterna e o carro por uma nave espacial viajando na velocidade da luz (c). Se você apontasse a luz na direção contrária, faz sentido dizer que a velocidade relativa entre a nave e os raios de luz seria duas vezes a velocidade da luz (2c), não é? Pois então, aqui entra o grande problema. De acordo com a Física Clássica realmente faz sentido. Mas na prática isso não acontece, por mais que ambas as coisas estejam viajando na velocidade da luz em direções opostas, a velocidade relativa entre elas não é a soma das velocidades, e sim a velocidade da luz! Complexo, não é?

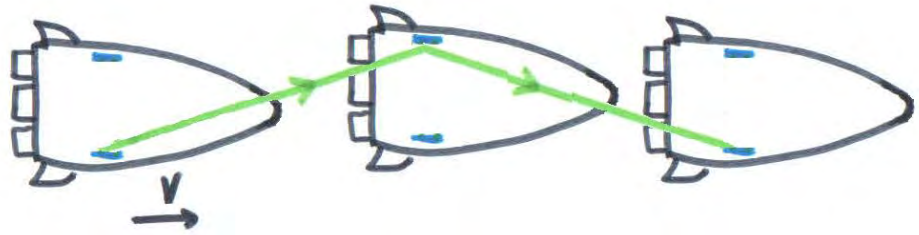
A DILATAÇÃO DO TEMPO

A consequência mais importante e fantástica da Teoria da relatividade certamente é a dilatação do tempo. Para compreendermos como isso pode acontecer, imagine a seguinte situação: uma pessoa com um cronômetro está dentro de uma nave espacial onde existem dois espelhos, um no teto e outro no chão. Agora suponha que exista um mecanismo dentro dessa nave que emite um raio de luz exatamente do espelho localizado no chão. A trajetória da luz vista por esta pessoa será uma linha reta, exatamente como mostrado na imagem abaixo:

 Todos os direitos reservados © 2018.



A ideia básica é que a pessoa cronometre o tempo que a luz demora para refletir no espelho do teto e voltar ao espelho do chão. Até aí tudo bem, certo? Mas agora suponha que outra pessoa com um cronômetro, parada no planeta Terra, também esteja acompanhando o movimento desse raio de luz. A trajetória que ela irá ver é diferente daquela vista pela pessoa dentro da nave, não é mesmo? A distância percorrida pelo raio de luz será maior!



E aqui vem a grande jogada! Como a velocidade da luz é a mesma independente do referencial e as distância observadas pelas pessoas são diferentes, então de podemos deduzir que alguma coisa aconteceu com o tempo, concorda? Exatamente isso! Os cronômetros marcaram tempos diferentes, para o observador fora da nave o tempo medido foi numericamente maior! Isso nos leva a concluir que o tempo sofreu uma dilatação! Mas espera aí, como podemos descobrir de quanto foi essa dilatação? Utilizando a equação mostrada abaixo:

 | Todos os direitos reservados © 2018.

$$\Delta t_0 = \Delta t \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

onde Δt_0 e Δt são, respectivamente, o intervalo de tempo marcado pelo observador dentro da nave (parado) e o intervalo de tempo marcado pelo observador fora da nave (em movimento), (v) é a velocidade da nave e (c) é a velocidade da luz (aproximadamente 3,0 x 10^8 m/s).

Importante! Vale notar que para velocidades muito menores que a da luz o denominador desta equação se torna muito próximo de 1. Ou seja, os tempos medidos pelos cronômetros se tornam muito, mas muito próximos. Isso é o principal motivo pelo qual não notamos essas mudanças no tempo e no espaço!

CONTRAÇÃO DO COMPRIMENTO

Bom, não é novidade nenhuma que as dimensões de um objeto podem variar, certo? Em nossas apostilas anteriores descobrimos que o comprimento de um corpo é proporcional a variação de temperatura a qual ele é submetido, lembra disso? Mas agora podemos entrar com um questionamento: será que o único modo de variar o comprimento de um objeto é através da mudança de temperatura? Einstein nos responde essa pergunta através da Teoria da Relatividade. Sim... mas não! Como assim? Quando um objeto está viajando em uma velocidade muito alta, seu comprimento relativo muda! Perceba bem a palavra “relativo”!

Voltando novamente àquele exemplo da nave e dos dois observadores. Se a pessoa dentro da nave estivesse segurando uma régua de 30 cm, a pessoa localizada fora da nave, na superfície da Terra, iria enxergar uma régua medindo menos do que os 30 cm. Mas aqui entra algo muito importante! A dilatação não acontece no objeto em si, mas sim no

 | Todos os direitos reservados © 2018.

espaço em torno dele! Mas espera aí, isso não quer dizer que a contração do comprimento é uma ilusão óptica. Se houve realmente um jeito do observador na Terra medir o comprimento dela, ele iria obter uma medida menor que 30cm. Mas quão menor? Podemos calcular isso através da seguinte equação:

$$L_0 = L\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

onde L_0 e L são, respectivamente, comprimento do objeto medido pelo observador fora da nave e o comprimento do objeto medido pelo observador dentro da nave (em repouso em relação ao objeto), (v) é a velocidade da nave e (c) é a velocidade da luz (aproximadamente $3{,}0 \times 10^8$ m/s).

Vale destacar! Perceba que, quando medido por um observador em movimento, o comprimento de um objeto será sempre **menor** do que esse comprimento medido por um observador que se move junto com o objeto, ou seja, que está em repouso relativo. Além disso, essa contração do comprimento ocorre apenas na dimensão que é paralela à direção do movimento: um objeto que se move horizontalmente terá apenas suas dimensões horizontais contraídas, ou seja, não haverá contração vertical.

Agora é sua vez de praticar. Aproveite estes exercícios para testar o seu conhecimento sobre a Teoria da relatividade restrita!

Exercício 03: Considere um feixe de luz no vácuo e um observador que alcança 90% da velocidade da luz, na primeira situação eles estão a uma distância extremamente grande. Com o referencial inercial no observador, quando se aproximam, qual a velocidade percebida pelo observador? E se o feixe e o observador viajasse na mesma direção e sentido?

a) Com 1.9 vezes a velocidade da luz (c) - Com a velocidade da Luz (c).

 | Todos os direitos reservados © 2018.

b) Com a velocidade da luz (c) - Com a velocidade da luz (c) Com a velocidade da luz (c).

c) Com 3.6 vezes a velocidade da luz (c).- Com duas vezes a velocidade da Luz (c).

d) Com 1.9 vezes a velocidade da luz (c) - Com duas vezes a velocidade da Luz (c).

e) Com 1.9 vezes velocidade da luz (c) - Estaria parada em relação a outra.

Correta: B

Resolução na plataforma do MeSalva!: TRRA02EX1

Exercício 04: A dilatação do tempo é uma das consequências dos postulados de Einstein. Em uma situação onde o tempo medido fora de uma espaçonave é 20 min e dentro da espaçonave é medido 10 min, qual a porcentagem da velocidade da luz a espaçonave deve ter?

Considere que a raiz de três seja igual 1,73.

a) 25 %

b) 13 %

c) 50 %

d) 87 %

e) 90 %

Correta: D

Resolução na plataforma do MeSalva!: TRRA04EX1

Exercício 05: Se o tempo medido fora da espaçonave é 75% maior do que o tempo medido dentro da espaçonave, qual a porcentagem da velocidade da luz que a espaçonave tem?

Considere a raiz de 0,67 igual a 0,821.

a) 25 %

b) 90 %

 Todos os direitos reservados © 2018.

c) 75 %

d) 67 %

e) 82 %

Correta: E

Resolução na plataforma do MeSalva!: TRRA04EX2

Exercício 06: Uma cápsula que viaja no espaço a 50 % da velocidade da luz tem comprimento de 10 metros. Quando ela passa por um planeta habitado, os observadores percebem que comprimento?

Considere que a raiz de três seja igual 1,73.

a) 1,44 metros

b) 4,33 metros

c) 2,50 metros

d) 8,66 metros

e) 9,56 metros

Correta: D

Resolução na plataforma do MeSalva!: TRRA06EX1

Exercício 07: Qual deve ser a porcentagem da velocidade da luz aproximadamente, que uma nave deve ter para que seja percebido apenas um quarto do comprimento real de uma espaçonave?

Considere raiz de quinze igual a 3,87.

a) 10 %

b) 25 %

c) 97 %

d) 87%

 | Todos os direitos reservados © 2018.

e) 95%

Correta: C

Resolução na plataforma do MeSalva!: TRRA06EX2

Exercício 08: Um cosmonauta deixa a terra e viaja com velocidade 60 % da velocidade da luz. Depois de 12 anos viajando em direção ao centro da galáxia ele resolve voltar, totalizando 24 anos nesta mesma velocidade no referencial do cosmonauta , quanto tempo se passou na terra?

a) 24 anos

b) 30 anos

c) 60 anos

d) 192 anos

e) 45 anos

Correta: B

Resolução na plataforma do MeSalva!: TRRA08EX1

CONCLUSÃO

E aí, curtiu toda essa viagem que fizemos pela Física Moderna? Esperamos que sim! Aqui aprendemos vários conceitos novos, e justamente por isso é muito importante que você não deixe de revisar o conteúdo. Dê uma atenção especial para a história por trás de todas as descobertas, ele é tão importante quanto a parte teórica!

E é com a Física Moderna que terminamos o estudo da nossa querida Física. Para chegar aqui temos certeza de que você se dedicou muito, então parabéns! Mas nada está acabado ainda, agora é focar em resolver exercícios e manter o conteúdo na ponta da língua.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

PARA SABER MAIS!

SITES:

- ✓ http://www.if.ufrgs.br/historia/young.html

Lembra o que citamos sobre o experimento de Young ter provado o caráter ondulatório da luz? Pois então, se você tiver curiosidade de entender mais sobre ele, aqui está a recomendação do site que você pode utilizar para isso!

 | Todos os direitos reservados © 2018.

REFERÊNCIAS

Física Conceitual. 11 ed. - Editora Bookman, 2011 - Porto Alegre. Hewitt, Paul G.

 | Todos os direitos reservados © 2018.

meSalva!